การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

นายยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECTIVE REDUCTION FROM COLOUR SPOT IN PLASTIC GRANULE PRODUCTION PROCESS

Mr. Yossawin Srisaksorachart

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก
โดย	นายยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ : การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (DEFECTIVE REDUCTION FROM COLOUR SPOT IN PLASTIC GRANULE PRODUCTION PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ , 136 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดปริมาณของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยหาค่าปรับตั้งปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าคะแนนจุดสีต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางของ ซิกซ์ ซิกมา โดยเริ่มจากระยะการนิยามปัญหาในการศึกษาสภาพปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์และ ขอบเขตในการปรับปรุง ต่อมาในระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้วิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูลตามลักษณะในการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทจุดสี โดยทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด จากนั้นจึงระดมสมองในการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผลเพื่อหาสาเหตุของข้อบกพร่องและประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล จากนั้นจึงทำการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่จะนำมาทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k แบบ 2 เรพลิเคต หลังจากนั้นระยะการปรับปรุงกระบวนการจึงนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อค่าตัวแปรตอบสนองมาทำการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ทำให้ได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวดที่ 400 รอบต่อนาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ 78 องศาเซลเซียส และสุดท้ายระยะการควบคุมกระบวนการได้ทำการทดลองยืนยันผลการปรับปรุง จากนั้นจัดทำแผนภูมิควบคุมเพื่อทำการควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในค่าควบคุมและจัดทำเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องซ้ำอีก

ผลหลังการปรับปรุงพบว่ามีสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงที่ร้อยละ 4.47 และมีค่าลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.50 โดยการพยากรณ์ปริมาณการผลิตคาดว่ามูลค่าความสูญเสียจะลดลงได้ถึง 1,639,547 บาทต่อปี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5570937421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: PLASTIC MATERIALS / SIX SIGMA / DESIGN OF EXPERIMENT / DEFECTIVE REDUCTION

YOSSAWIN SRISAKSORACHART: DEFECTIVE REDUCTION FROM COLOUR SPOT IN PLASTIC GRANULE PRODUCTION PROCESS. ADVISOR: ASST. PROF. NAPASSAVONG ROJANAROWON, Ph.D., 136 pp.

The objective of this research is to improve process and decrease defective from colour spot defect of plastic materials production process. The improvement approach was to find the optimal condition of input factors that minimize the colour spot on molding test piece. This research applied the Six Sigma approach. In the Define phase, the problem statement, the objective statement, and scope were identified. Next, the Measure phase, the attribute agreement analysis was performed to the inspection of colour spot defect. After that, brainstorming to find potential cause of colour spot defect and analyze with cause and effect. The Analyze phase, to screen for the significant factors by design of experiment technique using 2^k Full Factorial design with 2 replicate. Next, the Improve phase, the Box-Behnken Design was used to find the optimal levels of the significant factors from Analyze phase. The optimization technique helped determine that should be set at the screw feeding of 10 hertz, the main motor revolution of 400 rpm and hot water temperature of 78 degree Celsius. Finally, in the Control phase, the confirmatory run was performed and the control plan with appropriate in process control and set to working standard after improvement

After improvement, the defective rate from colour spot defect before improvement was 4.47 % and decreased to 0.05 %. According to the production forecast, it was expected that the improvement could save the production cost of 1,639,547 baht per year.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือและเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ดังนั้นผู้วิจัยขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้โอกาสในการเข้าร่วมทำงานวิจัยนี้ และยิ่งไปกว่านั้นต้องขอบคุณทางคณะทำงานที่คอยช่วยเหลือ ให้ความรู้ และให้ความร่วมมือในด้านต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้เกิดผลสำเร็จขึ้นได้

ขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นให้สามารถดำเนินการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ รวมทั้งต้องขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของบริษัทที่ศึกษา 2

1.3 การศึกษาสภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหา 3

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 8

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 9

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 9

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

1.8 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 10

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.1 ทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า 12

2.2 พลาสติก 29

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

บทที่ 3 การนิยามปัญหา 35

3.1 บทนำ 35

3.2 การจัดตั้งคณะทำงาน 35

3.3 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.4 สภาพปัญหาในปัจจุบัน 44
3.5 การกำหนดวัตถุประสงค์ในงานวิจัย 47
3.6 ขอบเขตของงานวิจัย 48
3.7 สรุปผลขั้นตอนการนิยามปัญหา 49
บทที่ 4 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 51
4.1 บทนำ 51
4.2 การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด 51
4.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก 57
4.4 การระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้า 58
4.5 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 71
บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 72
5.1 บทนำ 72
5.2 การทดลองที่ใช้ในงานวิจัย 72
5.3 ตัวแปรตอบสนอง (Response) 73
5.4 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าในการออกแบบการทดลอง (Input Factor) 73
5.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) 74
5.6 ผลการทดลอง 77
5.7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 79
5.8 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 85
บทที่ 6 การปรับปรุงกระบวนการ 86
6.1 บทนำ 86
6.2 การกำหนดปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง 86
6.3 การออกแบบการทดลอง 87

6.4 ผลการทดลอง 91
6.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 92
6.6 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ 102
บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการ 103
7.1 บทนำ 103
7.2 การทดสอบยืนยันผลการทดลอง 103
7.3 การตรวจติดตามควบคุม 108
7.4 แผนการควบคุม 109
7.5 แผนการปฏิบัติงานเมื่อพบค่าปรับตั้งของปัจจัยออกนอกค่าควบคุม 112
7.6 ข้อมูลหลังการปรับปรุง 114
7.7 สรุปผลขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ 127
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 128
8.1 บทนำ 128
8.2 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา 128
8.3 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 129
8.4 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 130
8.5 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 130
8.6 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ 131
8.7 ข้อจำกัดและอุปสรรคในงานวิจัย 131
8.8 ข้อเสนอแนะ 132
รายการอ้างอิง 133
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 136

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

3.1 ข้อมูลปริมาณการผลิต ปริมาณของเสีย และมูลค่าความสูญเสียแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2556.....47
3.2 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก และปริมาณการผลิตรวมตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2555 – เมษายน 2556.....48
4.1 เกณฑ์มาตรฐานของการให้คะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ.....54
4.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด.....56
4.3 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทจุดสี.....56
4.3 (ต่อ) ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทจุดสี.....57
4.4 ค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล.....63
4.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล.....64
4.5 (ต่อ) ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล.....65
4.6 ปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่มีคะแนนสูงกว่า 3 คะแนน.....67
4.7 เกณฑ์ในการประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง.....68
4.8 เกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง.....69
4.8 รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis).....70
4.8 (ต่อ) รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis).....71
4.9 สาเหตุของปัญหาและค่า RPN ที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA.....72
4.10 ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีจากการวิเคราะห์ FMEA.....73
5.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง.....77

ตารางที่

หน้า

5.2 รายละเอียดการออกแบบการทดลอง....78
5.3 ตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix)....79
5.4 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง....80
5.4 (ต่อ) ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง....81
5.5 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง....85
6.1 แสดงผลกระทบของการตั้งค่าปัจจัยที่ออกนอกการตั้งค่าในปัจจุบัน....92
6.2 ปัจจัยนำเข้าของการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน....93
6.3 ตารางการออกแบบการทดลอง ของการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน....93
6.4 ผลการทดลองของการออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน....94
6.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ....98
6.6 ผลการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยวิธี Stepwise Regression....101
6.7 ผลการแสดงระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อค่าคะแนนจุดสี....102
6.8 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าในการปรับตั้งเครื่องนวดพลาสติก....103
7.1 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าสำหรับการปรับตั้งเครื่องนวดพลาสติก....105
7.2 ข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี ของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในช่วงก่อนปรับปรุงจนถึงช่วงการทดสอบยืนยันผล....109
7.3 เอกสารการปฏิบัติงานที่เครื่องนวดพลาสติกในการบันทึกค่าปรับตั้งของปัจจัยนำเข้า....110
7.4 แผนควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการนวดพลาสติก....115
7.5 ข้อมูลยอดการผลิต ปริมาณของเสียและสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิต....120
7.9 เปรียบเทียบข้อมูลยอดการผลิต ปริมาณของเสียและสัดส่วนของเสียที่ระยะต่างๆ....121
7.7 มูลค่าความสูญเสียคาดว่าจะลดลงได้จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น 122

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1ปริมาณการผลิตพลาสติกและสัดส่วนของเสียรวมในช่วง เดือนตุลาคม 55 - เมษายน 56....3
1.2แผนภูมิพาเรโตยอดการผลิตรวมแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 55 – เมษายน 56....4
1.3แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56....5
1.4 แผนภูมิพาเรโตมูลค่าความสูญเสียของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น....6
1.5 แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง....7
1.6 แผนภูมิพาเรโตมูลค่าความสูญเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง....7
1.7 ลักษณะจุดสิ่งแปลกปลอมบนชิ้นงานขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y....8
2.1 ขั้นตอนสำคัญทั้ง 5 ขั้นตอน (DMAIC) ของแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า....14
2.2 แผนภาพของคาโนโมเดล....16
2.3 หลักการพาเรโตนี้ตามกฎ 80-20....19
2.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิติยาระหว่างปัจจัย(B)....28
2.5 โครงสร้างเคมีของ ที่ใช้สำหรับสังเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินชนิดต่างๆ....32
2.6โครงสร้างของ methylol urea ชนิดต่างๆ ที่คาดว่าน่าจะเกิดขึ้น....33
2.7 กลไกปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน....33
3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป....39
3.2 แผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก....42
3.3 แผนผังกระบวนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก....45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่

หน้า

3.4 แผนภูมิพาเรโตยอดการผลิตรวมแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เดือน
ตุลาคม 55 – เมษายน 56.....46
3.5 แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง.....49
3.6 ลักษณะจุดสิ่งแปลกปลอมบนชิ้นงานขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก.....50
4.1 แผนภูมิสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีตั้งแต่เดือน
ตุลาคม 55 - เมษายน 56.....59
4.2 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องประเภท.....62
4.3 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล.....66
4.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับ RPN จากการวิเคราะห์ FMEA.....73
5.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ.....83
5.2 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล.....84
5.3 การทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน.....84
5.4 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าจุดสี.....86
5.5 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าจุดสี.....87
6.1 การออกแบบส่วนประสมกลางแบบสำหรับ k=3.....90
6.2 การออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนสำหรับ 3 ตัวแปร.....91
6.3 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ.....96
6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี.....99
6.5 ผลของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าคะแนนจุดสี.....100
6.6 ผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคะแนนจุดสี.....103
6.7 กราฟแสดงค่าคะแนนจุดสีที่มีค่าต่ำที่สุด.....103
7.1 การปรับตั้งค่าของอัตราการป้อนวัตถุดิบ.....106
7.2 การปรับตั้งค่าความเร็วในการนวด.....107

รูปที่

หน้า

7.3 การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด.....107
7.4 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอัตราการป้อนวัตถุดิบ.....111
7.5 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยความเร็วในการนวด.....112
7.6 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด.....113
7.7 แผนปฏิบัติการแก้ไขเมื่อพบว่ามีค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญออกนอกแผนภูมิควบคุม.....114
7.8 แผนภูมิควบคุมของอัตราการป้อนวัตถุดิบ.....116
7.9 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยความเร็วในการนวด.....117
7.10 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด.....118
7.11 แผนภูมิ I-MR แสดงผลของค่าคะแนนจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก.....119
7.12 กราฟสัดส่วนของเสียของประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น.....121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศ เพราะอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกนั้นเป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนให้กับภาคอุตสาหกรรมพลาสติกอีกหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมการก่อสร้าง และอุตสาหกรรมยานยนต์ จากอุตสาหกรรมพลาสติกที่ยังคงได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องนั่นเป็นเพราะว่าวัสดุประเภทพลาสติกมีคุณสมบัติที่ดี ราคาถูก และยังหาวัสดุที่มีคุณสมบัติดีกว่ามาทดแทนได้ยากทำให้เกิดการขยายตัวในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกในทิศทางที่เพิ่มมากขึ้น และยิ่งไปกว่านั้นสถานการณ์ในปัจจุบันที่ประเทศไทยที่เพิ่งฟื้นตัวจากวิกฤตมหาอุทกภัยในปี 2554 ส่งผลกระทบให้มีการเร่งผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก ที่เกี่ยวข้องกับอาคาร สถานที่และที่พักอาศัยเพื่อการซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ได้รับความเสียหาย ส่งผลให้ความต้องการของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากความต้องการผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกที่สูงขึ้นทำให้เกิดผลกระทบต่อธุรกิจในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก เนื่องจากเป็นที่สนใจต่อนักลงทุนที่จะเข้ามาเป็นคู่แข่งขันรายใหม่ และนำกลยุทธ์ทางด้านราคามาใช้เป็นกลยุทธ์หลักในการแข่งขัน ส่งผลให้บริษัทใดก็ตามที่สามารถควบคุมต้นทุนของการผลิตได้ต่ำที่สุดได้ ก็สามารถที่จะเติบโตในธุรกิจต่อไปได้ โดยหนึ่งในวิธีที่จะควบคุมต้นทุนการผลิต นั่นคือการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non-value added) อันได้แก่ การรอคอยวัตถุดิบ การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตของเสียอันเกิดจากข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตนั้นถือเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มที่สำคัญที่ทำให้ต้นทุนของการผลิตสูงขึ้นมาก ได้แก่การเสียเวลาและแรงงานในการแก้ไขของเสียที่เกิดขึ้น เกิดการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน เกิดเป็นต้นทุนในการจัดการกับของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้เป็นต้น ดังนั้นการลดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์นั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยควบคุมต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุดได้

จากผลกระทบของการแข่งขันทางด้านราคาในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก และต้นทุนทางด้านวัตถุดิบของอุตสาหกรรมพลาสติก ที่นับวันจะมีต้นทุนทางด้านวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้นนี้เอง ทำให้บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกในแต่ละรายได้ให้ความสำคัญกับการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด ซึ่งทางบริษัทศึกษาเป็นผู้ผลิตเม็ดพลาสติก และหลังจากที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับของเสียที่เกิดขึ้นพบว่าสัดส่วนของเสียและมูลค่าความสูญเสียที่ เกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม จนถึงเมษายน 2556 พบว่ามีข้อบกพร่องหลายประเภทและหลากหลายรุ่นผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้บริษัทต้องแบกรับภาระต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น ผู้ศึกษาจึงเลือกกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเนื่องจากหากสามารถลดต้นทุนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทหลักของบริษัทที่ศึกษาได้ จะทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น ส่งผลให้บริษัทที่ศึกษามีความสามารถในการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้น

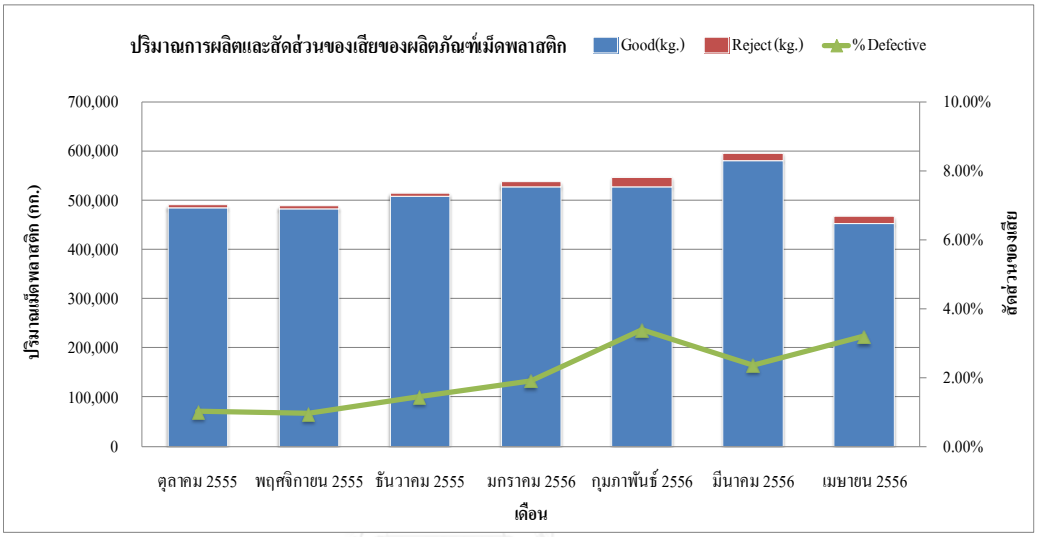
1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของบริษัทที่ศึกษา

บริษัทที่ศึกษาเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจผลิตเม็ดพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ.2537 บนพื้นที่ขนาด 70 ไร่ ตั้งอยู่ที่ ต.คานหาม อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา ปัจจุบันมีพนักงานกว่า 2,000 คนโดยเป็นบริษัทผลิตเม็ดพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติ้งชนิดเม็ดแห่งแรกในประเทศไทย และ มีการสร้างมาตรฐานของคุณภาพผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับสูงกว่ามาตรฐานของกลุ่มผลิตภัณฑ์เดียวกัน อีกทั้งยังมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สูง ทำให้สามารถส่งออกเม็ดพลาสติกสู่ต่างประเทศได้ถึงปีละกว่า 2,600 ตัน และภายในประเทศอีกปีละกว่า 4,000 ตัน โดยผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติ้งชนิดเม็ดสามารถแบ่งประเภทของเม็ดพลาสติกออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. เม็ดพลาสติกประเภทเมลามีน (Melamine molding compound) เป็นเม็ดพลาสติกที่เหมาะสำหรับฉีดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ภาชนะที่ใช้ในครัวเรือน
2. เม็ดพลาสติกประเภทยูเรีย (Urea molding compound) เป็นเม็ดพลาสติกที่เหมาะสำหรับฉีดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.3 การศึกษาสภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของปริมาณการผลิตและสัดส่วนของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา ย้อนหลัง ในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 สามารถให้ข้อมูลดังนี้

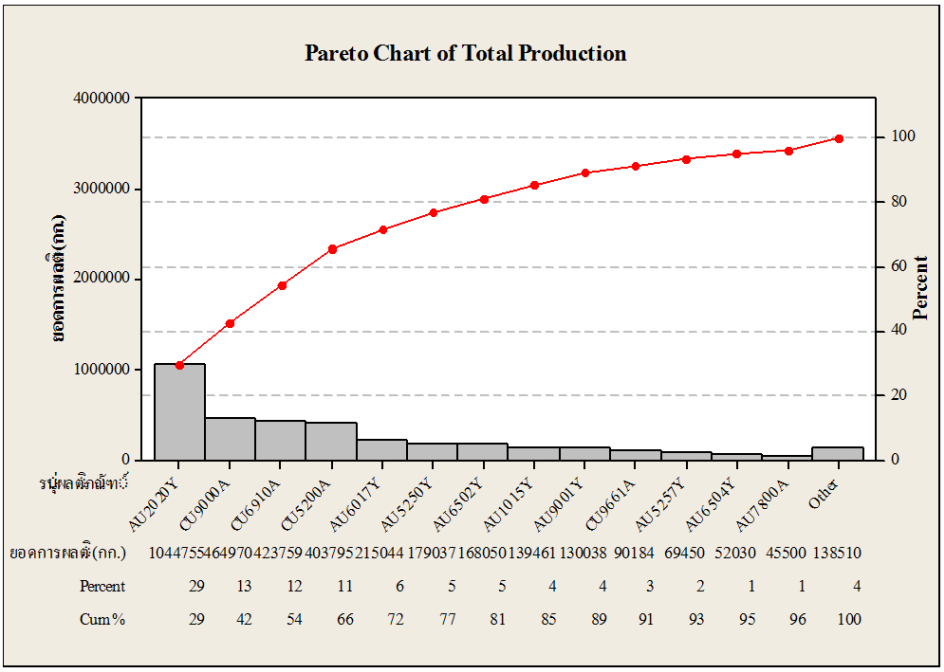


รูปที่ 1.1 ปริมาณการผลิตพลาสติกและสัดส่วนของเสียรวมในช่วงเดือนตุลาคม 55 - เมษายน 56

จากรูปที่ 1.1 พบว่าการผลิตเม็ดพลาสติกในช่วงเดือนเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 จะมีของเสียเกิดขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.93 ของปริมาณการผลิตทั้งหมดโดยมีของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.39โดยของเสียที่เกิดขึ้นนั้นจะหมายถึงการเกิดความสูญเสียในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนเครื่องจักร และเวลา อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นอีก โดยเฉลี่ยแล้วบริษัทกรณีศึกษาต้องแบกรับค่าใช้จ่ายเหล่านี้ถึงเดือนละ 281,880 บาท ดังนั้นจึงเลือกศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

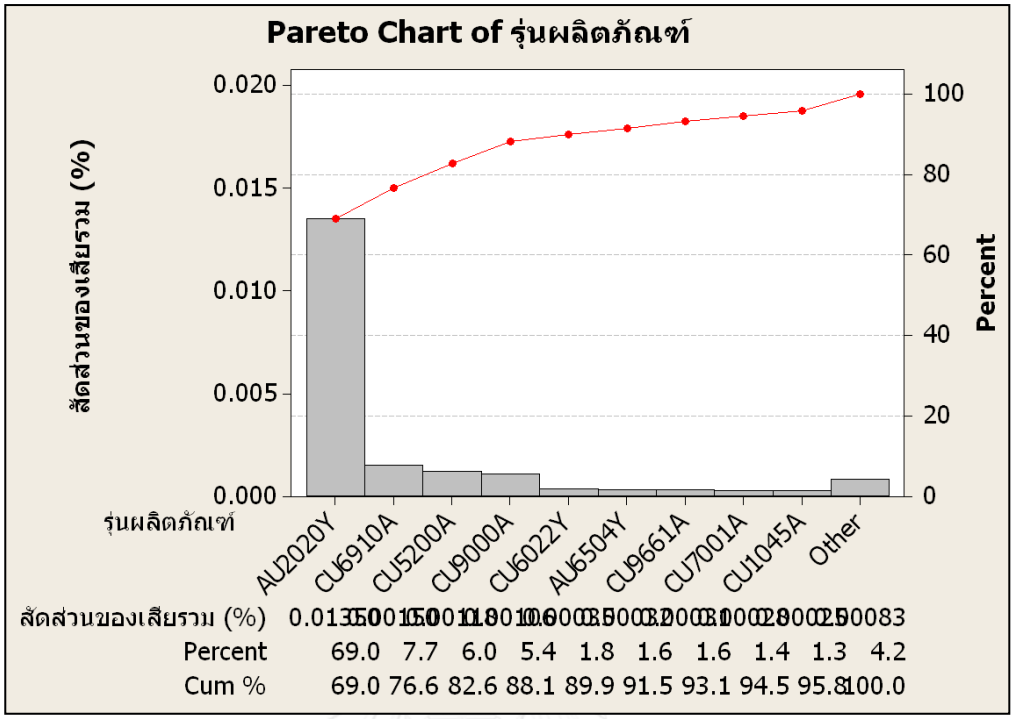
เนื่องจากบริษัทที่ศึกษามีความหลากหลายของรุ่นผลิตภัณฑ์สูง จึงต้องทำการคัดเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษาวิจัยโดยการคัดเลือกจะพิจารณาจาก ปริมาณการผลิต สัดส่วนของเสียและมูลค่าความสูญเสีย ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกในแต่ละรุ่น ที่ผลิตตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y มีปริมาณการผลิตรวม

สูงเป็นอันดับหนึ่งและ มียอดการผลิตสูงสุด เท่ากับ 1,065,400 กิโลกรัม และคิดเป็นร้อยละ 29 ของรุ่นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ดังรูปที่ 1.2



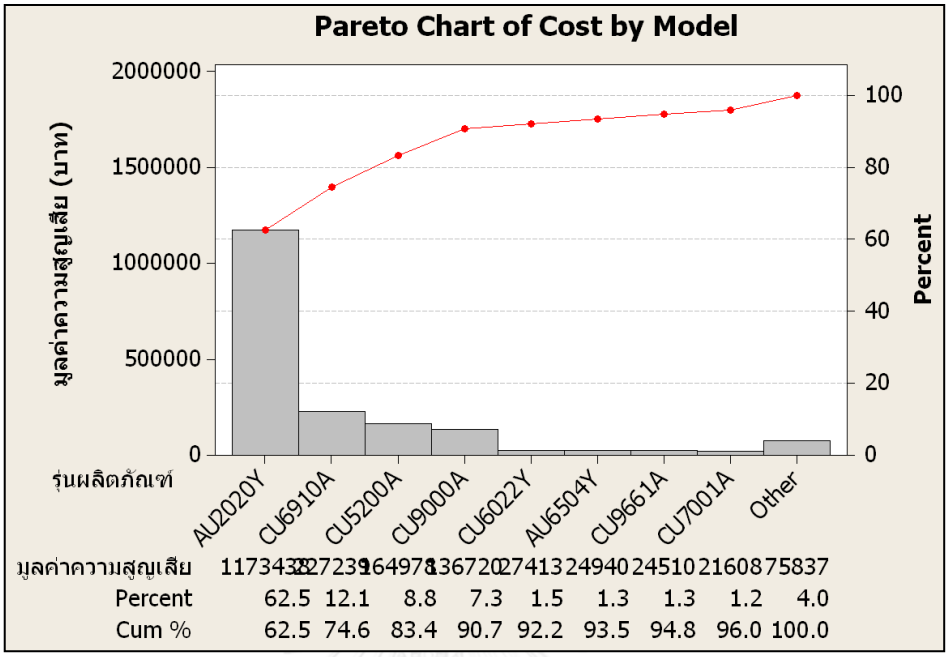
รูปที่ 1.2 แผนภูมิพาเรโตยอดการผลิตรวมแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56

และจากการรวบรวมข้อมูลของเสียแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์มาทำการปรับปรุงพบว่าข้อมูลของสัดส่วนของเสีย จากรูปที่ 1.3 พบว่าสัดส่วนของเสียจากผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y มีสัดส่วนที่เกิดขึ้น สูงที่สุดโดยมีสัดส่วนของเสียรวมถึงร้อยละ 1.35 โดยคิดเป็นร้อยละ 69.0 ของสัดส่วนของเสียทั้งหมด



รูปที่ 1.3 แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56

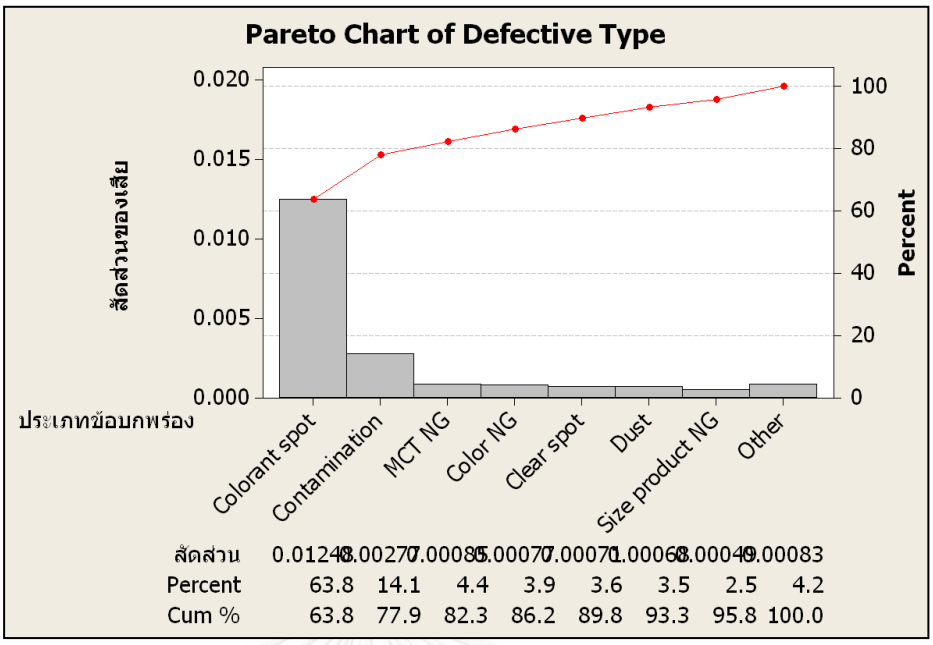
จากนั้นจึงทำการพิจารณาต้นทุนความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 พบว่ามูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y สูงสุดโดยมีมูลค่าความสูญเสียรวมเท่ากับ 1,173,483 บาท คิดเป็นร้อยละ 62.5 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ดังรูปที่ 1.4 ดังนั้นจึงเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ AU2020Y มาทำการศึกษาวิจัย



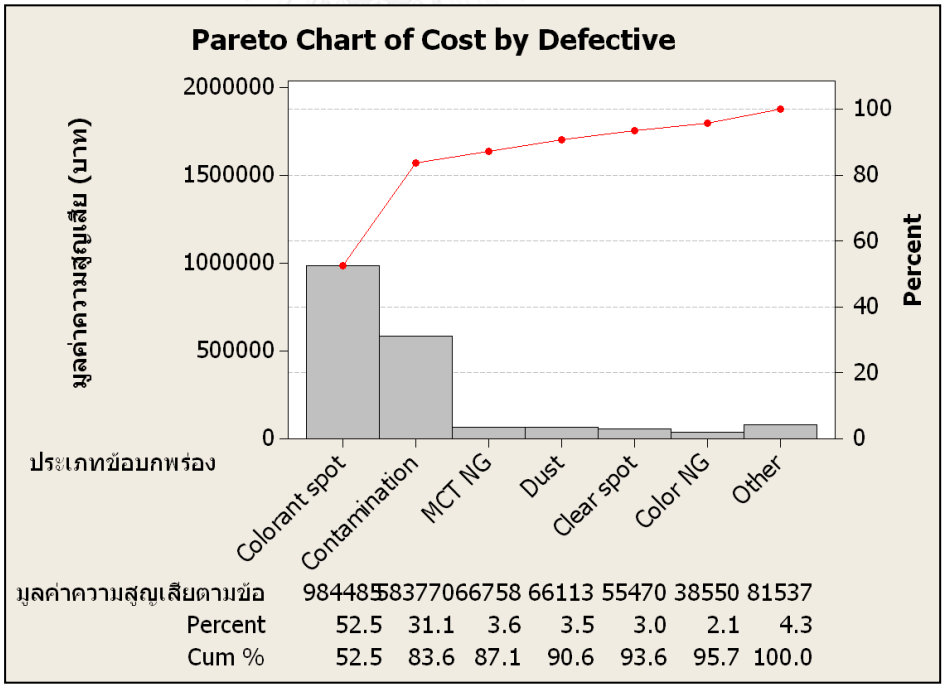
รูปที่ 1.4 แผนภูมิพาเรโตมูลค่าความสูญเสียของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น

จากนั้นจึงทำการคัดเลือกประเภทข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษาวิจัย โดยจะพิจารณาจากของเสียและมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยสามารถจำแนกของเสียตามประเภทข้อบกพร่องได้ทั้งหมด 10 ประเภทข้อบกพร่อง และจากข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าสัดส่วนของเสียประเภทจุดสี (Colour spot) มีสัดส่วนของเสียเกิดขึ้นสูงสุดเป็นอันดับ 1 โดยมีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 63.8 ของสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังรูปที่ 1.5

และจากการรวบรวมข้อมูลมูลค่าความสูญเสียตามประเภทข้อบกพร่องจะพบว่าข้อบกพร่องประเภทจุดสี มีมูลค่าความสูญเสียสูงสุด ดังรูปที่ 1.6 โดยมีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 984,485 บาทโดยคิดเป็นร้อยละ 52.5 ของข้อบกพร่องทั้งหมด จึงเลือกข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) มาทำการศึกษาวิจัย



รูปที่ 1.5 แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง



รูปที่ 1.6 แผนภูมิพาเรโตมูลค่าความสูญเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าของเสียที่เกิดจาก

ข้อบกพร่องประเภท จุดสี ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ควรได้รับการปรับปรุงเนื่องจากมีสัดส่วนของเสียเกิดขึ้นสูงที่สุด และมีมูลค่าความสูญเสียสูงสุดถึง 984,485 บาท โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ย 140,640 บาทต่อเดือน โดยของเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องนี้นั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งหากไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวร จะทำให้บริษัทต้องสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น สูญเสียชื่อเสียงเพราะคุณภาพของสินค้าต่ำลง และอาจสูญเสียความน่าเชื่อถือจากการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้าได้ จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการที่จะแก้ไขปัญหาต่อไป

ลักษณะข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายรายละเอียดได้คือ จุดสีที่มีขนาดใหญ่และเข้มที่พบบนชิ้นงานหลังจากนำเม็ดพลาสติกไปขึ้นรูปส่งผลให้เกิดจุดสิ่งแปลกปลอมบนผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลต่อการใช้งานของลูกค้าดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.7 ลักษณะจุดสิ่งแปลกปลอมบนชิ้นงานขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทจุดสีของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y เท่านั้น

2. ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่มีสาเหตุจากข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยไม่รวมถึงสาเหตุที่เกิดจากการออกแบบเครื่องจักร

3. การปรับปรุงที่จะปฏิบัติจริงจะทำเฉพาะการปรับปรุงที่ไม่ใช้เงินลงทุนสูง การปรับปรุงที่ต้องใช้การลงทุนสูง จะต้องได้รับการอนุมัติของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา และอาจใช้เวลานานในการปรับปรุง จึงจะเสนอเป็นข้อเสนอแนะเท่านั้น

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานใหม่และค่าปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สามารถลดข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก
2. สามารถลดต้นทุนในการแก้ไขงานของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี
3. สามารถลดต้นทุนของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.8 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

การลดของเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

2. ระยะการนิยามปัญหา (Define phase)
   ก. ศึกษากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ และกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทจุดสี
   ข. ผู้วิจัยมีหน้าที่เป็นหัวหน้าโครงการโดยทำการจัดตั้งและคัดเลือกคณะทำงานจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ของแต่ละส่วนงานเพื่อมีหน้าที่ในการช่วยกันระดมสมองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีและกำหนดวิธีการปรับปรุง
   ค. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ
   ง. เขียน Project Charter

3. ระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase)
   ก. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability)
   ข. ศึกษาความสามารถของระบบการวัด (Measurement System Analysis) พร้อมทั้งประเมินความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด
   ค. ระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable: KPIV)
      1) หาสาเหตุที่เป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
      2) กำหนดปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) จากการระดมสมองร่วมกับคณะทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze phase)
   ก. นำปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมาทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) เชิงแฟคทอเรียล เพื่อสร้างเมทริกซ์ การออกแบบ (Design Matrix) ที่จะใช้ทำการทดลอง เพื่อคัดกรองหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญ
   ข. กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล จากนั้นดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้
   ค. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีไปทำการทดลองต่อในขั้นตอนต่อไป
5. ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase)
   ก. นำปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology: RSM) เพื่อหาค่าปรับตั้งที่ดีที่สุด
   ข. ทำการกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะนำมาทำการทดลองตามความเหมาะสม
   ค. กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล จากนั้นดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้
   ง. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิต
6. ระยะการควบคุมกระบวนการ (Control phase)
   ก. ทำการทดลองยืนยันผลการปรับปรุงด้วยการใช้การตั้งค่าปัจจัยที่ได้จากระยะการปรับปรุงกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือน
   ข. จัดทำแผนในการควบคุมกระบวนการโดยกำหนดวิธีในการปฏิบัติงาน (Working Instruction : WI) และคัดเลือกเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพมาใช้ เช่น แผนภูมิควบคุม (Control Chart) และสรุปวิธีการควบคุมลงในแผนควบคุม (Control Plan)
   ค. สรุปผลการปรับปรุงที่ได้โดยพิจารณาเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในส่วนของสัดส่วนของเสียและมูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
7. สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะของงานวิจัย
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้นั้นจะศึกษาทฤษฎี ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตและลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งทฤษฎี หลักการอื่นๆที่เกี่ยวข้องและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย

2.1 ทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า

เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า นั้นเริ่มเข้ามามีบทบาทในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้นโดยเริ่มต้นจาก ปี ค.ศ.1980 บริษัทโมโตโรลา ได้เริ่มประยุกต์ใช้วิธีการของ ซิกซ์ ซิกม่า โดยมุ่งเน้นการลดต้นทุน จนทำให้ประสบความสำเร็จทางธุรกิจ หลังจากนั้นก็ได้มีบริษัทชั้นนำต่างๆทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจโดยนำเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ได้แก่ บริษัท American Express, Sony, General Electric, Seagate, Nokia เป็นต้น (Basu,2008) เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า นั้นถูกใช้เพื่อลดความผันแปรของกระบวนการผลิต หรือลดของเสียของกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพตามความต้องการของลูกค้า ในการรองรับการแข่งขันด้านธุรกิจที่สูงขึ้น (Chakravorty,2009)

ในปัจจุบันเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ได้ถูกนำไปใช้ทั้งอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการในการปรับปรุงกระบวนการต่างๆให้มีคุณภาพดีขึ้น (Mehrjerdi,2011) โดยกระบวนการ การปรับปรุงของซิกซ์ ซิกม่า นั้นมี ขั้นตอนสำคัญด้วยกัน 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define phase)
2. ขั้นตอนของการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase)
3. ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze phase)
4. ขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase)
5. ขั้นตอนของการควบคุมกระบวนการไม่ให้เกิดปัญหา (Control phase)

โดยรายละเอียด และเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า นั้นมีดังต่อไปนี้ (Basu,2008)

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนสำคัญทั้ง 5 ขั้นตอน (DMAIC) ของแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า

2.1.1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define phase)

ถือเป็นขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สำคัญที่สุดโดยต้องทำการระบุรายละเอียดของปัญหาให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป้าหมายของกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์/การบริการ โดยขั้นตอนการนิยามปัญหานี้จะใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

รายละเอียดของเอกสารโครงการ (Project Charter)

โดยเอกสารโครงการจะต้องประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

- กรณีทางธุรกิจ (Business Case) จะต้องระบุถึงความสำคัญ และเหตุผลที่สำคัญของการทำโครงการ
- ข้อความแสดงถึงปัญหาเบื้องต้น (Problem Statement) โดยจะต้องตอบคำถามพื้นฐานให้ได้ว่า ปัญหาอะไร เกิดขึ้นเมื่อไร ที่ไหน อย่างไร และมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด โดยปัญหานี้นั้นจะต้องสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าหรือด้านคุณภาพ

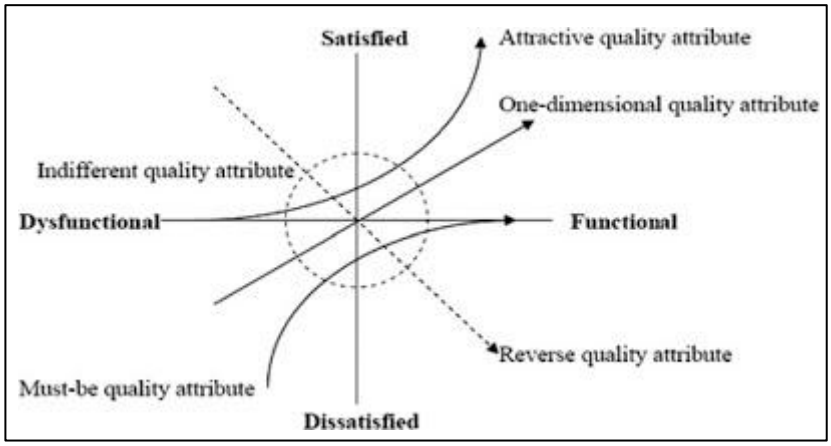
- ตัววัดผลโครงการ (Project Metric) คือตัวที่จะใช้ในการชี้วัดความสำเร็จของโครงการได้แก่ ตัวชี้วัดทางธุรกิจ (Business metric) ตัวชี้วัดปฐมภูมิ (Primary metric) ตัวชี้วัดทุติยภูมิ (Secondary Metric) ตัวชี้วัดตรงข้าม (Consequential metric) ตัวชี้วัดทางการเงิน (Financial metric)
- กำหนดขอบเขตโครงการ (Project Scope) ให้ชัดเจน
- การกำหนดเป้าหมายของโครงการ (Objective Statement) ให้ชัดเจนทั้งสภาพปัจจุบันและผลการปฏิบัติงานที่เคยทำได้ดีที่สุด (Entitlement)
- การกำหนดคณะทำงานและความรับผิดชอบ (Team Member)

การแบ่งความต้องการของผู้บริโภคตามหลักของ Kano Model

คาโนโมเดลเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการจัดกลุ่ม และกำหนดระดับความสำคัญของความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยแบ่งได้ 3 ชนิดดังนี้

1. One-dimensional quality คือ คุณลักษณะที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ แต่จะเกิดความไม่พึงพอใจ เมื่อผลิตภัณฑ์ขาดคุณลักษณะดังกล่าว
2. Must-be quality คือ คุณลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ตระหนักถึงความสำคัญเมื่อผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะดังกล่าว แต่เมื่อผลิตภัณฑ์ขาดคุณลักษณะเหล่านั้นจะทำให้ผู้บริโภคเกิดความไม่พึงพอใจ
3. Attractive quality คือ คุณลักษณะเมื่อมีอยู่ในผลิตภัณฑ์จะทำให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจอย่างมาก เนื่องจากคุณลักษณะเหล่านี้มักไม่ได้เป็นที่คาดหวังของผู้บริโภคว่าจะต้องมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ และเป็นคุณลักษณะที่ไม่ค่อยได้กล่าวถึง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.2 แผนภาพของคาโนโมเดล

โดยเมื่อทำการจัดกลุ่มความต้องการของผู้บริโภคตามหลักการของคาโนโมเดลแล้วจะทำให้เกิดความชัดเจนในการเลือกปัญหาไปทำการปรับปรุงได้ดีมากขึ้น

การระดมสมอง (Brain storming)

การระดมสมองคือเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดความคิดใหม่ๆที่จะมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาโดยหลักการของการระดมสมองนั้นมีด้วยกัน 4 ข้อคือ

1. เน้นให้มีการแสดงความคิดออกมา (Expressiveness) สมาชิกทุกคนต้องมีเสรีภาพอย่างสมบูรณ์ในการที่จะแสดงความคิดเห็นใด ๆ ออกมาจากจิตใจ โดยไม่ต้องคำนึงว่าจะเป็นความคิดที่แปลกประหลาด กว้างขวาง ล้าสมัย หรือเพ้อฝันเพียงใด

2. เน้นการไม่ประเมินความคิดในขณะที่กำลังระดมสมอง (Non – evaluative) ความคิดที่สมาชิกแสดงออกต้องไม่ถูกประเมินไม่ว่ากรณีใดๆเพราะถือว่า ทุกความคิดมีความสำคัญ ห้ามวิพากษ์วิจารณ์ความคิดผู้อื่น การแสดงความเห็นหักล้าง หรือครอบงำผู้อื่นจะทำลายพลังความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่ม ซึ่งส่งผลทำให้การระดมสมองครั้งนั้นเปล่าประโยชน์

3. เน้นปริมาณของความคิด (Quantity) เป้าหมายของการระดมสมองคือต้องการให้ได้ความคิดในปริมาณมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แม้ความคิดที่ไม่มีทางเป็นจริงก็ตาม เพราะอาจใช้ประโยชน์ได้ในแง่การเสริมแรง หรือการเป็นพื้นฐานให้ความคิดอื่นที่ใหม่และมีคุณค่า ยิ่งมีความคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากเพียงใดก็ยิ่งมีโอกาสค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่ดี

4. เน้นการสร้างความคิด (Building) การระดมสมองเกิดขึ้นในกลุ่ม ดังนั้น สมาชิกสามารถสร้างความคิดขึ้นเองโดยเชื่อมโยงความคิดของเพื่อนในกลุ่ม โดยใช้ความคิดของผู้อื่นเป็นฐานแล้วขยายความเพิ่มเติมเพื่อเป็นความคิดใหม่ของตนเอง

และกฎของการระดมสมองที่สำคัญมีดังนี้

1. เปิดโอกาสให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ
2. ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. ปริมาณยิ่งมากยิ่งดี ยังไม่จำเป็นต้องดูข้อเท็จจริงและเหตุผล (Free Thinking)
4. อนุญาตให้ออกนอกลู่นอกทางได้
5. ห้ามวิจารณ์ในระหว่างที่มีการแสดงความคิดเห็น
6. หลีกเลี่ยงการปะทะคารม
7. เมื่อได้ผลแล้วควรทำการรวบรวมแล้วนำไปปรับปรุง

2.1.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase)

ในขั้นตอนนี้นั้นจะใช้เครื่องมือสำคัญในการวัดเช่น Cause and effect diagram, Pareto chart, Control chart และ Process capability (Basu,2008) ซึ่งเมื่อใช้เครื่องมือดังกล่าวแล้วจะทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตว่ามีปัญหาใดบ้างและทำให้ทราบว่าปัญหาใดเกิดขึ้นบ่อยที่สุด และเหมาะสมหรือสำคัญที่สุดที่จะต้องเร่งดำเนินการแก้ไขโดยรายละเอียดของเครื่องมือที่สำคัญมีดังนี้

แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังสาเหตุและผลเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 เมื่อศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว เป็นผู้ริเริ่มใช้แผนผังนี้ขึ้น โดยแผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา กับสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น โดยวิธีการทำแผนผังสาเหตุและผลนั้นประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการกำหนดปัญหาโดยการเขียนปัญหาไว้ที่หัวของลูกศร

2. กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหา โดยทั่วไปนั้นปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดปัญหาจะประกอบไปด้วยปัจจัย 6 ปัจจัยคือ คน, เครื่องจักร, วัตถุดิบ, วิธีการ, การวัด, สิ่งแวดล้อม แต่หากปัญหาที่ต้องการหาสาเหตุนั้นไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยนี้ก็สามารถเปลี่ยนหัวข้อของปัจจัยได้

3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย โดยใช้เครื่องมือของการระดมสมองเข้าช่วยวิเคราะห์สาเหตุที่อาจทำให้เกิดปัญหาให้มากที่สุด

4. หาสาเหตุหลักของปัญหาโดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า The five why โดยเครื่องมือ The five why นี้นั้นไม่ใช่เทคนิคที่ซับซ้อนอะไรแต่เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมาก โดยวิธีการของเครื่องมือนี้นั้นคือการถามหาสาเหตุของปัญหาต่อไปเรื่อยๆด้วยคำถามว่า ทำไม ทำไม ทำไม และสามารถหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้ ((Basu, 2008)

5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ เมื่อได้สาเหตุของปัญหาแล้วให้นำมาจัดลำดับความสำคัญเพื่อเป็นการพิจารณาว่าสาเหตุของปัญหาข้อไหนที่ควรแก้ก่อน

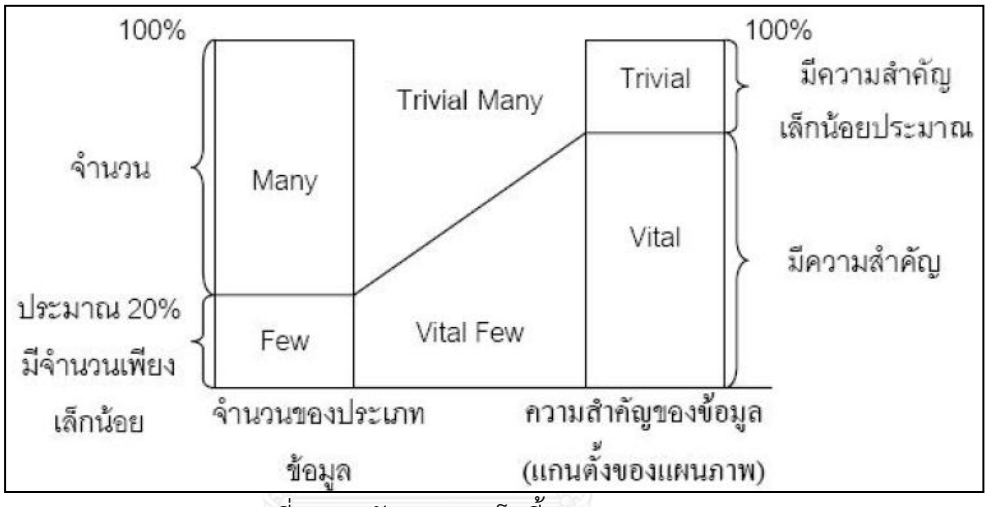
แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท กลไกการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ (เพื่อการคาดการณ์) แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีข้อมูลมีเสถียรภาพในระยะเวลานั้น จะสามารถคาดการณ์ได้ว่าข้อมูลประเภทใดควรมีค่ามากที่สุด ซึ่งหากมีการเก็บข้อมูลนานๆ จะเกิดการสะสม และทำให้ค่าสะสมของข้อมูลนั้นมีความแตกต่างอย่างชัดเจน กรณีข้อมูลไม่มีเสถียรภาพที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ในแต่ละช่วงเวลา จะไม่สามารถกำหนดได้ว่าข้อมูลแบบใดจะมีความถี่มากที่สุด ซึ่งเป็นลักษณะของความไร้เสถียรภาพ โดยลักษณะดังกล่าวจะพบว่าข้อมูลมีการสะสมและค่าสะสมจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือแตกต่างกันอย่างไม่ชัดเจน (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2545)

ประโยชน์ของแผนภูมิพาเรโต

- สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด
- สามารถเข้าใจได้ว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเท่าใดในสัดส่วนทั้งหมด
- สามารถบ่งชี้ขนาดของปัญหา ทำให้โน้มน้าวใจได้ดี
- ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยาก ก็สามารถจัดทำได้และใช้ในการเปรียบเทียบ
- ใช้สำหรับการตั้งเป้าหมาย ทั้งแบบตัวเลขและปัญหาได้

ถ้าหากข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกจำนวนมากจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial Many) ตัวแบบความเสถียรภาพของข้อมูลนั้น จะมีลักษณะของข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด) มาจากประเภทข้อมูลเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทข้อมูลทั้งหมด) เรียกกฎหลักการพาเรโตนี้ว่า กฎ 80-20 ซึ่งอธิบายได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการพาเรโตนี้ตามกฎ 80-20

ส่วนการตีความหมายแผนภูมิพาเรโตนั้น แผนภูมิพาเรโตใช้การตีความหมายของการมีเสถียรภาพหรือไม่ของข้อมูลที่พิจารณาโดยมีข้อกำหนดคือ ถ้าตัวแบบของข้อมูลเป็นไปตามหลักการพาโต แสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถใช้คาดการณ์ได้ แต่ถ้าตัวข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามหลักการของพาเรโต แสดงว่าข้อมูลไร้เสถียรภาพ อันเนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในสภาวะการปรับตัว (Transient State) จึงควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมอีก หรืออีกกรณีหนึ่งคือ ข้อมูลนั้นมาจากกระบวนการที่ไร้เสถียรภาพ ซึ่งมีความจำเป็นต้องแก้ไขด้วยการทำให้กระบวนการมีมาตรฐาน

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2546) ได้กล่าวไว้ว่า วัตถุต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะต่างๆ ค่าหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็น “ค่าจริง” ของวัตถุตามคุณสมบัติเฉพาะนั้นๆ โดย “การวัด” จะเป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับคุณสมบัติเฉพาะเหล่านั้น ในกระบวนการวัด หรือระบบ

การวัด จะมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด แต่เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้จะมีความไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรจากระบบการวัดขึ้น ซึ่งความผันแปรนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ (Common cause of variation) ซึ่งความผันแปรจะอยู่ในเสถียรภาพที่สามารถทำนายได้ แต่ความผันแปรอีกลักษณะหนึ่งคือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุแห่งความผิดพลาด (Special cause of variation) ความผันแปรนี้จะไม่เสถียร และไม่สามารถทำนายได้ในการวัด เพื่อการประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุแห่งความผิดพลาดและทำการกำจัดทิ้ง ควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

สาเหตุด้านความผันแปรของระบบการวัดเหล่านี้ จะมีผลทำให้ค่าวัดที่ได้เบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งวัดเสมอ กล่าวคือ ถ้าให้ x หมายถึงค่าวัดที่ได้ และ μ หมายถึงค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดแล้ว จะได้ว่า $x_i = \mu - \varepsilon_i$ โดยจะเรียก ε นี้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด (Measurement error) ในการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด แล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

จากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดที่มีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้ และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน อันได้แก่ ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นสาเหตุมาจากความผิดพลาด เช่น การขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ซึ่งสามารถกำจัดได้ โดยการกำหนดขั้นตอน และวิธีการวัดที่แน่นอน การฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ได้รับการวัดเป็นต้น เมื่อดำเนินการทำให้ระบบการวัดเป็นมาตรฐานแล้ว ก็จะดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หลังจากนั้นจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งมีสาเหตุมาจากธรรมชาติต่างๆ ด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อแยกแยะแหล่งความผันแปรต่างๆ และดำเนินการปรับปรุง ในการวิเคราะห์จะสนใจในการวิเคราะห์ความถูกต้องและการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด แล้วพยายามปรับให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งความแม่นยำของระบบการวัดจะประกอบไปด้วย

- ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

- ความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) หรือไบอัส (Bias) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดต่างเงื่อนไขกัน

ในการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีนี้ สามารถแบ่งการวิเคราะห์ ออกเป็น 3 วิธี คือ วิธีการอา $R, \bar{X} - R$ และ ANOVA ซึ่งการศึกษาโดยอาศัยพิสัย R จะให้ภาพรวมของความผันแปรของระบบการวัดแต่ไม่สามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility วิธีการอาศัยค่าเฉลี่ย $(\bar{X} - R)$ พิสัย สามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility ออกจากกันได้ แต่ไม่สามารถแยกอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างของงานออกจากค่าRepeatability ได้ ส่วนวิธีการที่อาศัย ANOVA จะอาศัยการแยกความแปรผันรวมของระบบการวัดออกเป็นความผันแปรจากสาเหตุต่างๆ 4 องค์ประกอบด้วยกันคือ ความผันแปรจากสาเหตุของพนักงานวัด ความผันแปรจากสาเหตุของสิ่งตัวอย่างงาน ความผันแปรจากสาเหตุร่วมของพนักงานวัดกับสิ่งตัวอย่างงาน และความผันแปรจากสาเหตุของตัวอุปกรณ์วัดเอง

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินแบบเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดกับข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดี หรือไม่ดีอย่างไร

สำหรับการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลจะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับ และปฏิเสธ หรือ ผ่าน และไม่ผ่าน การประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ (Screen Effectiveness) อันจะหมายถึงความสามามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานที่ดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับ %ของความผิดพลาดในการตรวจสอบ (%Error) ดังนี้

1. <10% Error สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้

2. 10% ถึง 30% อาจยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่ายในการวัดตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ

3. >30% ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้และมีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

ในการประเมินผลกระบวนการวัดข้อมูลแบบนับมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบไปด้วย สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานที่คุณภาพไม่ดีและสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี และผ่านการสอบประเมินผลแล้ว

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้ความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ” อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3 และทำเช่นนี้กับพนักงานคนอื่นๆ อีกจนครบทุกคนตามที่วางแผนไว้

5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

% Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกัน

% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง

% ประสิทธิผลด้าน Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบได้เหมือนกัน

% ประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบถูกต้อง

% Repeatability จะใช้การวิเคราะห์ความแม่นยำในขณะที่ % ความไม่ไบอัสจะใช้วิเคราะห์ความถูกต้อง (ไบอัส หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดอ้างอิง) และในการเปรียบเทียบเกณฑ์การยอมรับกับ %Error จะได้เท่ากับ 100 ลบค่า % เหล่านี้เป็น % Error)

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการที่ หากค่า%Repeatability ของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ (น้อยกว่า 90%) แสดงถึงการขาดความแม่นยำของพนักงานจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานรวมทั้งการประเมินผลพนักงานใหม่แต่หาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ หมายถึง การตรวจสอบของพนักงานขาดความถูกต้องจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ และ

หาก %ประสิทธิผลด้าน Repeatability ของการตรวจสอบ และ % ประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของการตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์จะหมายถึงระบบการตรวจสอบขาดความแม่นยำและขาดความถูกต้องจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้องเพื่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze phase)

การวิเคราะห์ปัญหา โดยขั้นตอนนี้นั้นอาจมีการนำเอาเครื่องมือของขั้นตอนการนิยามปัญหา และการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา มาทำการทบทวนใหม่ได้ และอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ใช้เทคนิคขั้นสูงร่วมด้วยในขั้นตอนนี้เช่น การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) และ การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Design of Experiment: DOE)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของ NASA ในช่วงทศวรรษที่ 1950 และต่อมาขยายเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์โดยบริษัท Ford Motor ได้นำ FMEA เข้าร่วมกับโปรแกรมการฝึกอบรมพนักงานบริษัทเรื่องความไว้วางใจของผลิตภัณฑ์จากนั้น FMEA จึงแพร่หลายไปยังอุตสาหกรรมอื่นๆ การนำ FMEA มาใช้ในกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า นั้นจะช่วยในการชี้บ่งปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาเพื่อดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขต่อไป ในการดำเนินการ FMEA ให้มีประสิทธิผลมากที่สุดนั้น ต้องมีการดำเนินการตามแนวความคิดพื้นฐาน 3 ประการคือ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

1) ดำเนินการโดยคณะทำงานที่มีความรู้ความชำนาญในปัญหาที่ทำการศึกษา

2) ดำเนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาลักษณะของข้อบกพร่อง (Failure mode) ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความเสี่ยง (Risk) โดย

อาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) คือ RPN = SxOxD โดย

S คือ ความรุนแรง (Severity) ที่พิจารณาจากผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

O คือ โอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence) ของลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณาจากความเป็นไปได้ในการ เกิดสาเหตุข้อบกพร่อง

D คือ ความสามารถในการตรวจจับ (Detection) ที่พิจารณาได้จากคุณสมบัติด้านความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน

การเลือกลักษณะข้อบกพร่องมาทำการแก้ไข จะพิจารณาจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมาก (คือ 10 หรือ 9) โดยไม่สนใจค่า RPN ว่าจะมากน้อยเพียงใด เนื่องมาจากข้อบกพร่องชนิดรุนแรงนี้จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการ ดังนั้นจึงต้องได้รับการแก้ไขป้องกันเพื่อลดความรุนแรงลงเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงมาแก้ไข ในกรณีที่ข้อบกพร่องมีคะแนน RPN และ S เท่ากัน ให้เลือกข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้ในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องมากกว่ามาดำเนินการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขต่อไป

3) ดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงไม่สิ้นสุด ต้องมีการทบทวนเอกสาร FMEA อย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดปรับปรุงและพัฒนา การทำ FMEA ต้องอยู่บนพื้นฐานของแนวความคิดการวิเคราะห์ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ (Common causes) เนื่องมากจากความผันแปรนี้สามารถคาดการณ์ได้ การวิเคราะห์จึงสามารถนำความผันแปรนี้มาเป็นข้อมูลนำเข้า และทำการประเมินผลวิเคราะห์ความเสี่ยง เพื่อลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ ซึ่งสามารถเรียกกระบวนการลดความผันแปรโดยธรรมชาตินี้ว่าการปรับปรุงกระบวนการ

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Design of Experiment: DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เป็นกระบวนการวางแผนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้า (Input Variable) ใดมีผลต่อสิ่งที่ให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ออกมาจากระบบ (Output Response) (ปารเมศ ชุติมา, 2545) โดยทั่วไปการทดลองจะถูกใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการหรือระบบ โดยส่วนใหญ่ลักษณะของกระบวนการเริ่มจากการรวมกันของปัจจัย

ป้อนเข้า (Input) อันประกอบด้วย เครื่องจักร คน วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่น ๆ ผ่านเข้าไปยังกระบวนการและปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นจะเปลี่ยนรูปออกมาเป็นผลลัพธ์ (Output)

ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

1. การนิยามปัญหา (Recognition and Statement of Problem) เป็นการระบุว่าความต้องการใน การผลิตคืออะไร และต้องการเรียนรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปยัง วัตถุประสงค์ของการทดลอง
2. การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย (Choice of Factors Levels and Ranges) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์จากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในทดลองอย่างไร สุดท้ายคือระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด แบบสุ่ม หรือแบบผสม
    - แบบกำหนด (Fixed Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
    - แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
    - แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่ม
3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of Response Variable) ในการเลือกตัวแปรต้องทำการเลือกตัวแปรที่ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย
4. การเลือกแบบการทดลอง (Choice of Experimental Design) เมื่อกำหนด ทรีทเมนต์และตัวแปรตอบสนองแล้วต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลองซึ่งหมายถึงจำนวนซ้ำของการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่มและการบล็อกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย
5. ดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment) ในระหว่างดำเนินการทดลอง ต้องศึกษาและดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of Data) จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น
7. สรุปผลและข้อมูลเสนอแนะ (Conclusions and Recommendations) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ อาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

การเลือกแบบการทดลอง

1. แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะกับการทดลองที่แยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุความแปรผันของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีเหตุของปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแจกแจงทางเดียว (One – Way Classification)

   ตามแผนการทดลองนี้แสดงว่า เมื่อหน่วยการทดลองได้รับทรีทเมนต์ที่ต้องการทดสอบแล้วความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยการทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพล ทรีทเมนต์ที่ต่างกันเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้จึงสมควรมีลักษณะที่สม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogenous) หรือมีความผันแปรระหว่างทดลองให้แก้ทรีทเมนต์จะต้องเป็นอย่างสุ่มและไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับ การสุ่ม

2. การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) ในบางการทดลองอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียวแต่อาจมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วย ซึ่งความแปรผันส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลองทำให้ยอดรวมของผลบวกของกำลังสองความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจาก

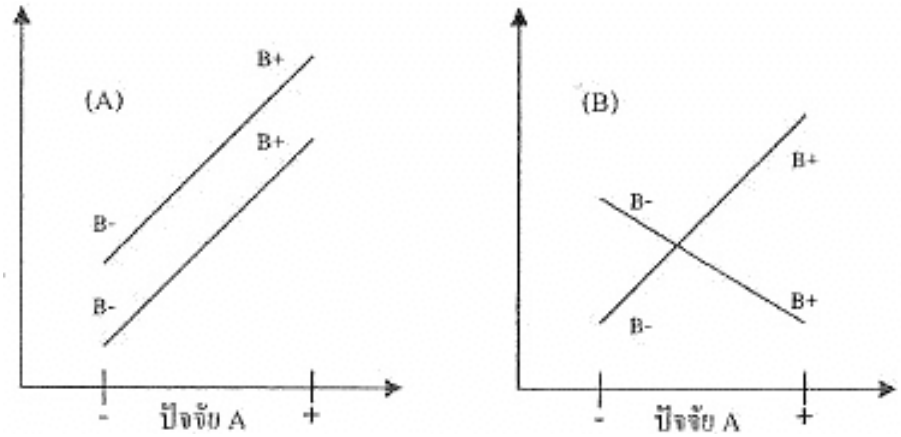
อิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มเป็นวิธีหนึ่งในหลายวิธีของการจำแนกแบบ 2 ทาง (Two – Way Classification) จะใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ ทางแนวนอน (Row) และแนวตั้ง (Column) มีหลักการคือพยายามจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันซึ่งเรียกว่าบล็อก ดังนั้นความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันจึงมีค่าต่ำและให้ค่าความแตกต่างระหว่างบล็อกมีค่าสูง ในแต่ละบล็อกจะมีครบทุก ทรีทเมนต์ การจะให้ทรีทเมนต์ใดหน่วยการทดลองใดภายในแต่ละบล็อกกระทำโดยการสุ่ม กรณีนี้จะให้เราแยกความแตกต่างระหว่างบล็อกออกมาจากยอดรวมของผลบวกกำลังสองได้

3. แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) การทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนองในทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Treatment Combination) ที่มีจำนวน 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยทุก ๆ Treatment Combination ของปัจจัยนำเข้าทุกตัว จะได้ศึกษาไปพร้อม ๆ กัน

ผลกระทบจากปัจจัยนำเข้าจะนิยามด้วยการตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ศึกษาที่เกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้านี้ เรียกว่า “อิทธิพลหลัก (Main Effect)” ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองในระดับของปัจจัยนำเข้าตัวหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในระดับต่าง ๆ ของปัจจัยนำเข้าตัวอื่น ๆ ซึ่งแสดงได้โดยพิจารณาจากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง แสดงดังรูปที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิติยาระหว่างปัจจัย (B)

จากรูปที่ 2.4 (A) จะเห็นได้ว่าเส้นขอบ B- และ B+ จะประมาณได้ว่าขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะบ่งบอกถึงการไม่มีอันตรกิริยาซึ่งกันและกันของปัจจัยทั้งสอง ในทำนองเดียวกันจากรูปที่ 2.4 (B) จะเห็นได้ว่า เส้นของ B- และ B+ ไม่ขนานกัน สามารถกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีอันตรกิริยาต่อกัน บ่อยครั้งที่กราฟลักษณะเช่นนี้จะถูกนำมาใช้เพื่อแสดงถึงการมีนัยสำคัญ (Significant) ของอันตรกิริยา อย่างไรก็ตามกราฟค่อนข้างที่จะขึ้นกับความคิดเห็นส่วนบุคคล ซึ่งอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดหรือวิเคราะห์ผิดพลาดได้ รูปแบบของแผนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลยังแบ่งย่อยในกรณีที่แผนการทดลองมีลักษณะเฉพาะตัวอีกดังต่อไปนี้

- การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k (2^k Factorial Design)

  การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k เป็นการทดลองที่มี k ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมีระดับของปัจจัยอยู่ 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ ใช้สัญลักษณ์ -1 หรือ (-) และระดับสูง ใช้สัญลักษณ์ 1 หรือ (+) การทดลองแบบนี้เหมาะสมสำหรับการทดลองที่มีปัจจัยมากๆ เป็นการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลเบื้องต้นจะช่วยในการทดลองที่เจาะลึกต่อไป

- การออกแบบทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k (3^k Factorial Design)

  การออกแบบทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k เป็นการทดลองที่มี k ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมีระดับของปัจจัยอยู่ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ใช้สัญลักษณะ 1 หรือ (-) และ

ระดับสูง ใช้สัญลักษณ์ 0 หรือ (0) และระดับสูง ใช้สัญลักษณ์ 1 หรือ (+) การทดลองแบบนี้เหมาะสมเมื่อผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลตอบสนองที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง

- ❖ การออกแบบทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design)

การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล เป็นการทดลองที่ใช้ในกรณีเมื่อการทดลองมีหลายปัจจัย ทำให้ต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูลมาก ดังนั้นจะทำให้ความสัมพันธ์ของทรีทเมนต์ (Treatment Combination) บางตัวถูกตัดออกไปโดยอาศัยหลักการของการคอนฟาวด์ (Confound) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนั้นลดลง

ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

- o ในกรณีที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าจำนวนหลายตัว จะใช้จำนวนสิ่งตัวอย่างในการทดลองจำนวนที่น้อยกว่าการทดลองทีละ 1 ปัจจัย (one-factor-at-a-time)
- o ใช้เวลาการทดลองที่น้อยกว่า เนื่องจากเป็นการศึกษาปัจจัยหลายตัวพร้อม ๆ กัน
- o ผลสรุปจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลสามารถสรุปได้ครอบคลุมมากกว่า เนื่องจากสามารถพิจารณาในส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลองด้วย

2.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase) คือขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการจะใช้เครื่องมือต่างๆเข้าแก้ปัญหา โดยใช้เครื่องมือเช่น 5S, Mistake proofing, Brainstorming, Force field analysis diagram ซึ่งจะช่วยให้สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้และมีประสิทธิภาพสูงสุด (Basu,2008)

2.1.5 ขั้นตอนของการควบคุมกระบวนการไม่ให้เกิดปัญหา (Control phase) คือขั้นตอนของการควบคุมกระบวนการไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกโดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเช่น Gantt chart, Activity network diagram และ PDCA cycle (Basu,2008)

2.2 พลาสติก

ในปี ค.ศ.1868 John Wesley Hyatt ช่างพิมพ์ชาวอเมริกัน ได้ค้นพบพลาสติกชนิดแรกชื่อเซลลูลอยด์ (celluloid หรือ cellulose nitrate) โดยการนาเอาไพรอกซิลีน (pyroxylin) ซึ่งทาจากฝ้ายกับกรดไนตริกผสมการบูร (solid camphor) ทำเป็นลูกบิลเลียดแทนการใช้งาช้าง ซึ่งเกิดขาดแคลนมากในระยะนั้นขณะเดียวกันที่อังกฤษได้นำไพรอกซีลีนไปทาเป็นแลคเกอร์ และวัสดุเคลือบผิว (coating materials) อื่นๆ ต่อมาได้มีผู้นำเอาเซลลูลอยด์ดัดแปลงไปใช้ทาเหงือกฟันปลอม (สีชมพู) แทนการใช้ยางแข็ง หลังจากนั้นได้นำเอาไปใช้ทำกระจกรถยนต์ ในปี ค.ศ.1909 Leo Hendrink Baekeland ได้ค้นพบพลาสติกชื่อ ฟีนอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ (phenol–formaldehyde) โดยการผสมฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์เข้าด้วยกัน พลาสติกชนิดนี้เรารู้จักกันดีในชื่อ bakelite ซึ่งใช้ทำด้ามกระทะ หูหม้อและอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ,2554)

สมาคมวิศวกรพลาสติก (SPE) และสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (SPI) แห่งสหรัฐอเมริกาได้จำกัดความของพลาสติกไว้ดังนี้ “พลาสติกคือวัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่างมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยความร้อนหรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง” พลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นใช้แทนวัสดุธรรมชาติ บางชนิดเมื่อเย็นจะแข็งตัว เมื่อถูกความร้อนก็อ่อนตัว บางชนิดก็แข็งตัวถาวร มีหลายชนิด เช่น ไนล่อน ยางเทียม ใช้ทำสิ่งต่างๆ เช่น เสื้อผ้า พาหนะ ส่วนประกอบของเรือหรือรถยนต์ พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์มาจากเซลลูโลสซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ เช่นน้ำมันดิบ ยางไม้ เซลลูโลสประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและคลอรีน นำมาสังเคราะห์โดยขบวนการที่เรียกว่า "พอลิเมอร์ไรเซชัน" บางครั้งพบว่ามีการใช้คำว่า "พลาสติก" และ "พอลิเมอร์" ในความหมายเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน แต่คำว่า "พอลิเมอร์" มักหมายถึงวัสดุประเภทพลาสติก ยาง เส้นใยและกาว ส่วนคำว่า "พลาสติก" จะหมายถึงสารผสมระหว่างพอลิเมอร์และสารเติมแต่ง เช่น สี สารพลาสติกไซเซอร์ สารเพิ่มเสถียรภาพและฟิลเลอร์ ที่ถูกนามาใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปโดยการขึ้นรูปให้มีรูปทรงต่างๆ เช่น ถัง จาน และช้อนเป็นต้น หากแปลตามรากศัพท์คำว่า พอลิเมอร์ หรือ polymer มาจากคำกรีก 2 คำ คือคาว่า poly แปลว่ามาก และคำว่า mer แปลว่าหน่วย พอลิเมอร์จึงแปลว่า สารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยหน่วยซ้ำกัน ต่อกันเป็นสายยาว

2.2.1 ประเภทของพลาสติก

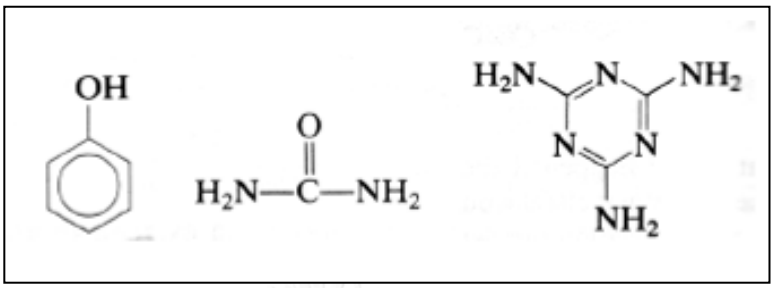
พลาสติกสามารถแบ่งออกตามลักษณะการยึดเกาะตัวของโครงสร้างโมเลกุลได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ชนิด คือ พลาสติกประเภทคืนรูป (thermoplastics) และพลาสติกประเภทคงรูป (thermosettings)

1. เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) หรือ พลาสติกประเภทคืนรูปหรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า พลาสติกอ่อน เป็นชนิดที่ถูกความร้อนแล้วจะหลอมตัว กลายเป็นของเหลวได้ พลาสติกชนิดนี้ มีโครงสร้างเป็นสายยาว ทนต่อแรงดึงได้สูง เป็นพลาสติกที่สามารถนากลับมาใช้ใหม่ได้อีก หลังจากนำไปหล่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว โครงสร้างของพลาสติกประเภทนี้จะประกอบด้วยโมเลกุลการเดี่ยวเกาะตัวแบบต่อแขนยาวออกเป็นเส้นด้าย หรือแบบลูกโซ่ (filament or chain) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพลาสติกอาจเกิดได้ง่ายโดยการไหลเลื่อนระหว่างโมเลกุลต้านแรง Van der Waal's forces ซึ่งดึงดูดโมเลกุลเข้าไว้ด้วยกันอย่างอ่อนๆ ตัวอย่างเช่น polymethacrylate perspex และ nylon

2. เทอร์โมเซตติง (thermosetting plastic) หรือพลาสติกประเภทคงรูป หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า พลาสติกแข็ง คือพลาสติกที่มีรูปทรงถาวรซึ่งผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน (heat) หรือแรงอัด (pressure) ขึ้นรูปแต่เมื่อเย็นตัวลงจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวโดยใช้ความร้อนหรือนำไปหลอมละลายขึ้นรูปใหม่ได้อีก โครงสร้างของพลาสติกแบบคงรูปร่างจะมีการเกาะตัวของโมเลกุลเป็นแบบตาข่าย หรือร่างแห (net) เวลาได้รับความร้อนจะไม่ยืดหรือหดตัวแต่จะเกิด covalent bond ยึดระหว่างโมเลกุลขึ้นตัวอย่างเช่น ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน (urea-formaldehyde resin) เป็นปฏิกิริยาระหว่าง formaldehyde กับ urea เป็นพลาสติกที่มีสีขาวใส สามารถย้อมเป็นสีต่างๆ ได้ ไม่ทนต่อกรด ด่าง และแรงกระแทก ใช้ทำกาวไม้อัด ทำปุ่มจับด้ามเครื่องมือ และนิยมทำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเนื่องจากมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนสูง เป็นต้น

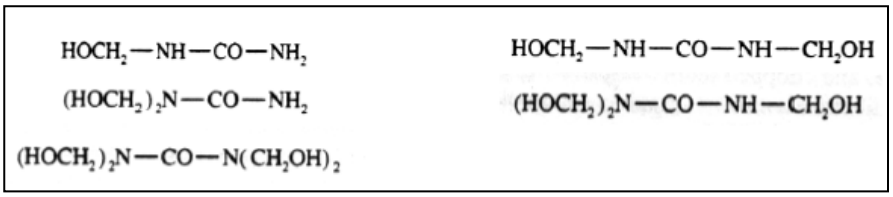
2.2.2 การสังเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน

ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะของสารตั้งต้นที่นำมาร่วมทำปฏิกิริยา ซึ่งได้แก่ ฟีนอล(phenol) ยูเรีย (urea) และ เมลามีน (melamine)



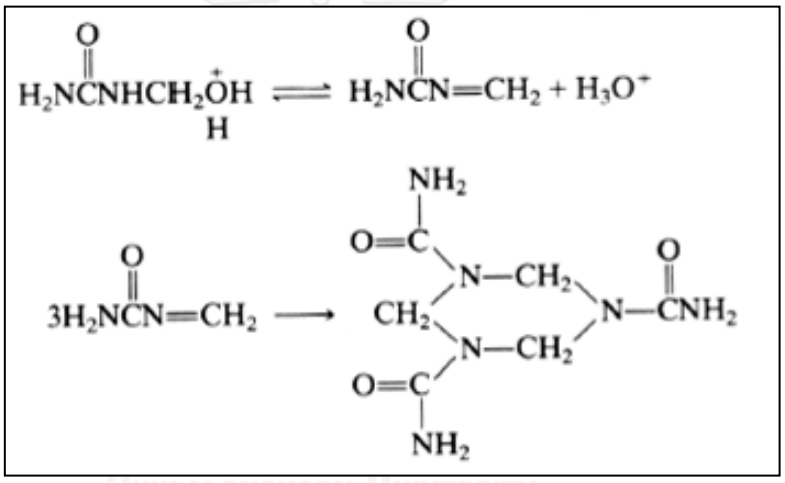
รูปที่ 2.5 โครงสร้างเคมีของ ที่ใช้สำหรับสังเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินชนิดต่างๆ

ทั้งยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์เรซินนี้อาจจะเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่าอะมิโนพลาสติก (การสังเคราะห์เทอร์โมเซต[ออนไลน์]) เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้คือยูเรียและเมลามีนจะมีหมู่ฟังก์ชันอะมิโน (NH2) ทั้งคู่ โดยยูเรียจะมีหมู่อะมิโน 2 หมู่และถือว่ามีค่า functionality เท่ากับ 4 ในขณะที่เมลามีนจะมีหมู่อะมิโน 3 หมู่และถือว่ามี functionality เท่ากับ 6 โดยหมู่อะมิโนนี้จะทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ได้ทั้งในสภาวะที่เป็นกรดและเป็นเบส แต่โดยทั่วไปแล้วจะไม่นิยมทำปฏิกิริยาในสภาวะที่ pH ต่ากว่า 9 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ methylol urea ที่เกิดขึ้นจะไม่เสถียรและอาจจะเกิดปฏิกิริยาควบแน่นอย่างรวดเร็วทำให้การควบคุมปฏิกิริยาเป็นไปได้ยาก ในกรณีของปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับฟอร์มาลดีไฮด์จะได้ผลิตภัณฑ์ประเภท methylol urea ที่มีโครงสร้างหลากหลาย (ในด้านของจานวนหน่วยย่อยและหมู่ฟังก์ชันที่ปลาย) เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะในการทาปฏิกิริยา เช่น สัดส่วนโมลระหว่างสารตั้งต้น)



รูปที่ 2.6โครงสร้างของ methylol urea ชนิดต่างๆ ที่คาดว่าน่าจะเกิดขึ้น

สำหรับปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์นั้นจะเกิดขึ้นโดยมีพันธะข้ามแบบ methylene ether linkage และ cyclic bridge ระหว่างหมู่ยูเรียเกิดขึ้น โดยในกรณีที่ทำปฏิกิริยาโดยใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณสูง (หรือสัดส่วนระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยูเรียสูง) จะเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลผ่าน cyclic bridge โดยเชื่อว่ากลไกที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 กลไกปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน

โดยกลไกจะเริ่มจากการสูญเสียน้ำของพรีพอลิเมอร์หรือ methylol derivatives เกิดเป็นสาร imines ขึ้น ซึ่งสาร imines ที่เกิดขึ้นนี้จะทำปฏิกิริยารวมตัวกัน 3 โมเลกุล (Tri-merization) เกิดเป็นสารประกอบวงแหวนที่มี หมู่เอไมด์เกาะอยู่และสารประกอบวงแหวนนี้จะเกิดปฏิกิริยาต่อกับ dimethylol urea โดยเกิดการควบแน่นระหว่างหมู่เอไมด์กับหมู่ methylol (โดยหมู่เอไมด์เป็น electrophile ส่วน methylol urea จะเป็น nucleophile) เกิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห อย่างไรก็ตามในกรณีของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำ (หรือมีสัดส่วนฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยูเรียต่ำ) จะไม่ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นโครงสร้างแบบร่างแหเนื่องจากพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวละลายได้ในฟอร์มาลดีไฮด์และกรดซัลฟูริกเข้มข้นดังนั้นจึงเชื่อว่าการเกิดยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่

แข็งตัวในขั้นสุดท้ายในกรณีนี้จะไม่ได้เกิดผ่าน cyclic bridge แต่อาจจะเกิดจากกลไกอื่นๆ เช่น ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์โอลิโกเมอร์ที่มีโครงสร้างเชิงเส้นที่อยู่ในสภาพที่เป็น colloid เกิดการรวมตัว (agglomeration) เกิดขึ้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันพลาสติกเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากจะเห็นได้จาก เครื่องมือเครื่องใช้และวัสดุต่างๆ ล้วนทำด้วยพลาสติก ส่งผลให้อุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย และนั่นจึงเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกนั้นมีความน่าสนใจต่อนักลงทุน และเข้ามาเป็นคู่แข่งทางการค้าที่เพิ่มขึ้น และคู่แข่งมักใช้กลยุทธ์ทางการค้าในการลดราคาเพื่อแย่งชิงส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น นั้นทำให้หลายบริษัทที่ไม่สามารถต่อสู้กับกลยุทธ์นี้ได้อาจต้องสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาดไป ดังนั้นหากต้องการที่จะรักษาธุรกิจให้ดำเนินการได้อย่างถาวรแล้วการใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงคุณภาพและการลดต้นทุน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้นได้ตัวอย่างเช่นจากการศึกษางานวิจัยที่ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการตามขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า แล้วนั้นจะพบว่าสามารถลดข้อบกพร่องในกระบวนการได้ ดังเช่น การลดของเสียในกระบวนการเป่าบรรจุภัณฑ์พลาสติก (ยุทธศักดิ์ ฉัตรเลขวนิช และ นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2547) ที่สามารถลดต้นทุนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีสาเหตุจากจุดดำบนผิวบรรจุภัณฑ์ เป็นผลทำให้ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากของเสียในการกระบวนการผลิตเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 193,921บาท เป็น 96,960 บาทต่อเดือน หรือลดต้นทุนได้ถึง 96,961 บาทต่อเดือน นอกจากนั้นยังมีการลดข้อบกพร่องบนผืนงานในกระบวนการผลิตลวดตาข่ายโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (เยาวนาฏ ศรีวิชัย และ รุ่งฉัตร ชมพูอินไหว, 2554) การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2552) การลดปริมาณอนุภาคเปียร์โซอิเล็กทริคทรานส์ดิวเซอร์ที่หลุดออกมาจากแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า (นันท์ชญาน์ จารัตน์ และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2554) การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า (Antony,Gijoet al.2012)การปรับปรุงกระบวนการผลิต Fused Bionic Taper Coupler โดยใช้แนวทาง Six Sigma (สารัช ยมลยง, 2550)

จากผลของการใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ในภาคอุตสาหกรรมนั้นเห็นได้ชัดเจนว่ามีประสิทธิภาพในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการจนสามารถลดข้อบกพร่องได้ จนถึงกับมีการกล่าวว่าถึงเวลาหรือยังที่จะนำไปใช้ในส่วนของการรักษาพยาบาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา (Chassin 1998)

อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า กับองค์กรจะมีประโยชน์มากเมื่อก็ต่อเมื่อต้องใช้เวลา และเกิดการเปลี่ยนแปลงของวัฒนธรรมในองค์กรในทางที่ดีขึ้นและต่อเนื่อง (Kwak and Anbari 2006) ในอีกด้านหนึ่งนั้นก็มีการกล่าวว่าการนำเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ปรับปรุงกระบวนการหรือลดของเสียนั้นก็จะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงโดยมีการวิจัยที่สามารถหาค่าของความคุ้มค่าสำหรับการปรับปรุงกระบวนการหรือไม่ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารได้ตัดสินใจว่าคุ้มค่าหรือไม่ที่จะปรับปรุงกระบวนการนั้น (Kumar, Nowicki et al.2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

การนิยามปัญหา

3.1 บทนำ

ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase) นี้เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญที่สุด โดยขั้นตอนนี้ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการดำเนินงานวิจัย และแนวทางของ ซิกซ์ ซิกมา โดยจะเริ่มต้นจากการจัดตั้งคณะทำงานที่จะเป็นมันสมองที่สำคัญในการปรับปรุงข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้ และการศึกษากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกอย่างละเอียด ตลอดจนสภาพปัญหาในปัจจุบันที่จะนำไปสู่ข้อบกพร่องที่จะนำมาทำการปรับปรุง และการกำหนดเป้าหมายการดำเนินงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2 การจัดตั้งคณะทำงาน

ในการจัดตั้งคณะทำงานนั้นมีส่วนสำคัญอย่างมากที่จะช่วยแก้ไขปัญหา และปรับปรุงข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโดยคณะทำงานนี้ มาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทจุดสี ในการที่จะช่วยรวบรวมข้อมูล และช่วยกันระดมสมอง ในการคิด การวิเคราะห์หาสาเหตุ และการออกแบบการทดลอง โดยคณะทำงานจะถูกคัดเลือกจากผู้มีความรู้และความเชี่ยวชาญจากแต่ละส่วนงานของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกในผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y โดยคณะทำงานประกอบไปด้วย

- ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ (Quality Assurance Manager)
- วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ (Quality Assurance Engineer)
- ผู้จัดการฝ่ายผลิต (Production Manager)
- หัวหน้าฝ่ายผลิต (Supervisor)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- พนักงานฝ่ายผลิต (Production Operator)
- วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา (Research and Develop Engineer)
- วิศวกรฝ่ายผลิต (Process Engineer)
- พนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control Operator)
- ผู้วิจัย (Researcher)

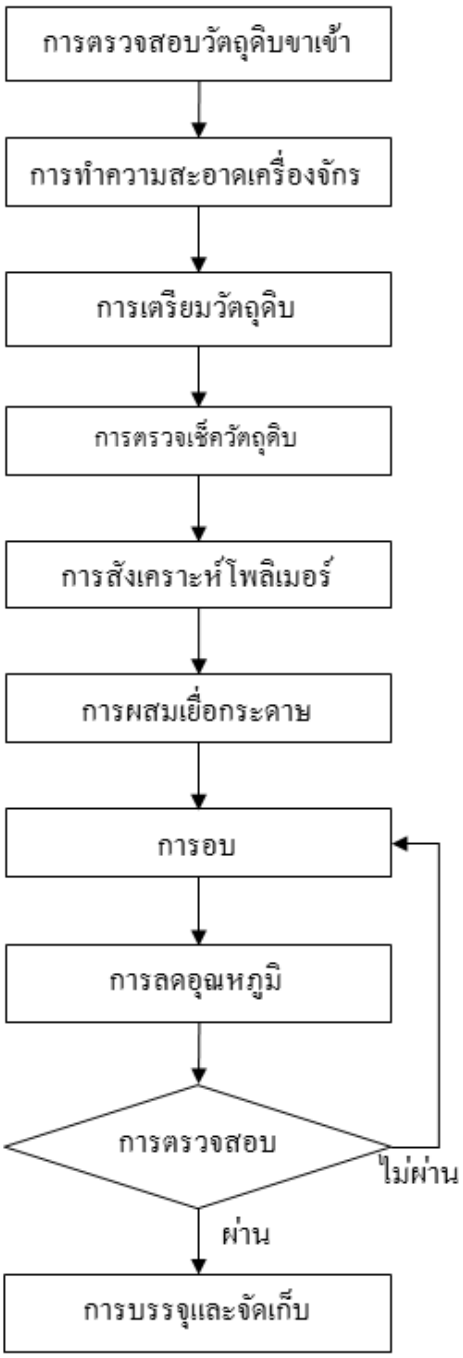
โดยคณะทำงานที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเป็นคณะทำงานเดียวกันตลอดการทดลอง โดยเฉพาะพนักงานในระดับปฏิบัติการในส่วนของพนักงานฝ่ายผลิตที่ทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักร และพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้บรรลุเป้าหมายโดยผู้วิจัยเป็นหัวหน้าโครงการ มีหน้าที่ในการกำหนดแผนงาน ประสานงาน ดำเนินการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผล ตลอดจนดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปตามแผนงานตามที่กำหนดไว้

3.3 ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

ในงานวิจัยนี้นั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกอย่างละเอียดเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ โดยกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y มีขั้นตอนการผลิตย่อยทั้งหมด 2 กระบวนการดังนี้

1. กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป (Drymix process) เป็นขั้นตอนแรกในการผลิตเม็ดพลาสติกโดยจะทำการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณสมบัติทั่วไปที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการถัดไป
2. กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (Granule process) ในขั้นตอนนี้จะนำเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปมาทำการบดและผสมสารเติมแต่งที่สำคัญ คือ สารหล่อลื่น (Wax) และผงสี (Colorant) ตามมาตรฐานการผลิตของเม็ดพลาสติกของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y

โดยมีเส้นทางการไหล (Process flow chart) ของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกในแต่ละกระบวนการย่อยดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป

3.3.1 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป (Drymix process)

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปมีเส้นทางการไหล ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จากแผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ ดังนี้

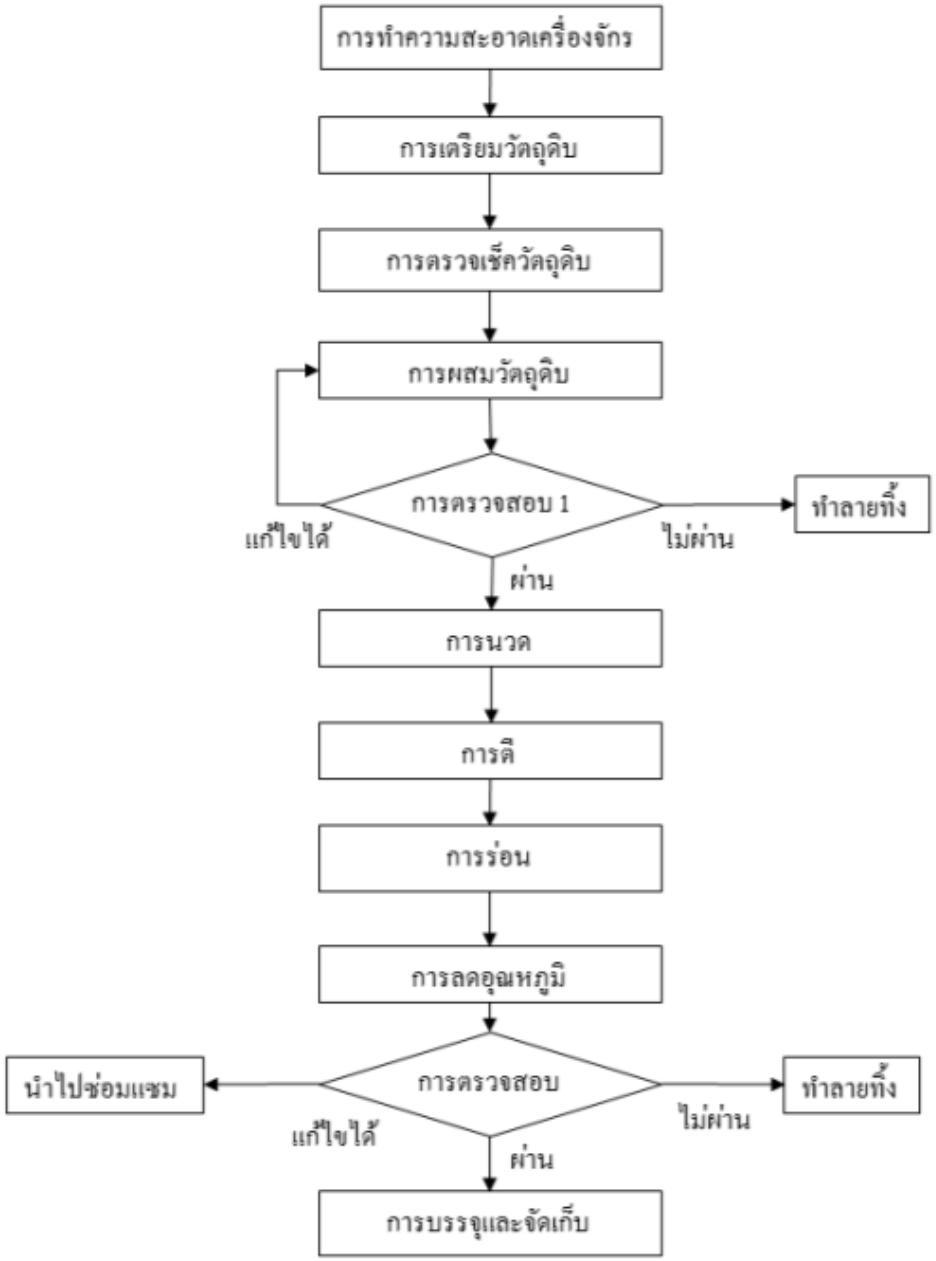
1. กระบวนการตรวจสอบขาเข้าของวัตถุดิบ พนักงานฝ่ายตรวจสอบทำการตรวจสอบวัตถุดิบตามมาตรฐานการตรวจสอบ หากพบวัตถุดิบไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานจะทำการแจ้งต่อผู้จัดการฝ่ายคุณภาพเพื่อดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป
2. กระบวนการทำความสะอาดเครื่องจักร สำหรับผลิตเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป พนักงานฝ่ายปฏิบัติการทำความสะอาดเครื่องจักรตามขั้นตอนการทำความสะอาด และตรวจเช็คความสะอาดของเครื่องจักรตามมาตรฐานของวิธีการปฏิบัติงาน โดยขั้นตอนนี้จะมีการตรวจเช็คความสะอาดจากหัวหน้าฝ่ายผลิต
3. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ หัวหน้าฝ่ายผลิตออกเอกสารการเตรียมวัตถุดิบให้พนักงานเตรียมวัตถุดิบทำการจัดเตรียมและส่งวัตถุดิบให้กับพนักงานฝ่ายผลิตตามจำนวนที่กำหนด
4. กระบวนการตรวจเช็ควัตถุดิบ พนักงานฝ่ายผลิตทำการตรวจรับวัตถุดิบให้ตรงตามชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบโดยจะทำการตรวจสอบจากเอกสารการเตรียมวัตถุดิบที่ออกจากหัวหน้าฝ่ายผลิต
5. กระบวนการสังเคราะห์โพลิเมอร์ ในขั้นตอนนี้พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการใส่วัตถุดิบทั้งหมดลงในถังปฏิกิริยา (Reactor) และควบคุมกระบวนการสังเคราะห์โพลิเมอร์ โดยระหว่างการสังเคราะห์โพลิเมอร์พนักงานฝ่ายผลิตจะทำหน้าที่ในการตรวจเช็คระบบการทำงานของเครื่องจักรและตรวจเช็คความปกติของการสังเคราะห์โพลิเมอร์ตามมาตรฐานการผลิต และบันทึกข้อมูลตามเวลาที่กำหนดจนสิ้นสุดขั้นตอนการสังเคราะห์โพลิเมอร์แล้วจึงปล่อยโพลิเมอร์เข้าเครื่องผสมต่อไป
6. กระบวนการผสมเยื่อกระดาษ เมื่อโพลิเมอร์เริ่มเข้ามาในเครื่องผสม พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการใส่เยื่อกระดาษตามปริมาณของสูตรการผลิต และทิ้งระยะเวลาเพื่อให้เยื่อกระดาษกับ โพลิเมอร์ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
7. กระบวนการอบ เมื่อโพลิเมอร์และเยื่อกระดาษผสมเข้ากันดีแล้วจะถูกลำเลียงลงสู่สายพานของกระบวนการอบ โดยพนักงานฝ่ายผลิตทำการตั้งค่าอุณหภูมิในการอบตามมาตรฐานการผลิต ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป

8. กระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปออกจากกระบวนการอบก็จะเข้าสู่เครื่องลดอุณหภูมิแบบโรตารี่ (Rotary cooler) เพื่อให้เม็ดพลาสติกเย็นตัวลงก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนต่อไป
9. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป ขั้นตอนนี้นั้นพนักงานฝ่ายผลิตจะทำการสุ่มตรวจสอบคุณภาพเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป โดยสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐานการตรวจสอบและส่งตัวอย่างให้กับฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเรื่องความสามารถในการขึ้นรูป และสิ่งแปลกปลอม และบันทึกผลการตรวจสอบ หากพบว่าคุณภาพของเม็กพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปไม่ได้มาตรฐาน จะแจ้งหัวหน้าฝ่ายผลิตเพื่อทำการแก้ไขงานต่อไป
10. กระบวนการบรรจุและจัดเก็บผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูป เมื่อเม็ดพลาสติกไหลออกจากเครื่องลดอุณหภูมิก็จะถูกบรรจุลงในถุงกระสอบพลาสติกสานขนาดใหญ่ (Big bag) และย้ายผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปไปจัดเก็บตามมาตรฐานในห้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปก่อนนำไปใช้ในกระบวนการถัดไป

3.3.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก (Granule process)

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกจะมีแผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

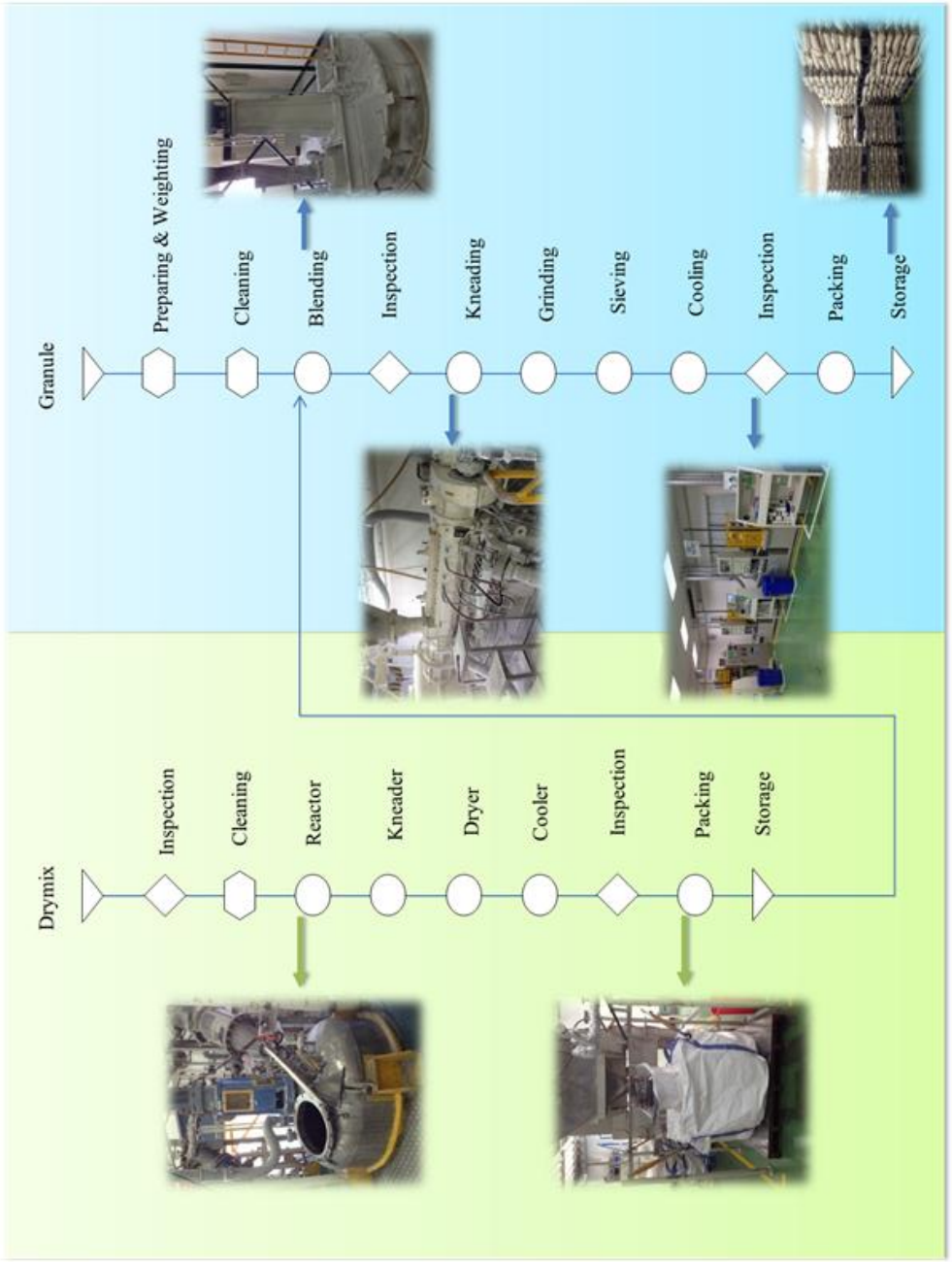
1. กระบวนการทำความสะอาดเครื่องจักรสำหรับผลิตเม็ดพลาสติก (Granule process) พนักงานฝ่ายปฏิบัติการทำความสะอาดเครื่องจักรตามขั้นตอนการทำความสะอาด และตรวจเช็คความสะอาดของเครื่องจักร

2. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ หัวหน้าฝ่ายผลิตออกเอกสารการเตรียมวัตถุดิบให้พนักงานเตรียมวัตถุดิบทำการจัดเตรียมและส่งวัตถุดิบให้กับพนักงานฝ่ายผลิตตามจำนวนที่กำหนด
3. กระบวนการเช็ควัตถุดิบ พนักงานฝ่ายผลิตทำการตรวจรับวัตถุดิบให้ตรงตามชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบโดยจะทำการตรวจสอบจากเอกสารการเตรียมวัตถุดิบที่ออกจากหัวหน้าฝ่ายผลิต
4. กระบวนการผสมวัตถุดิบ พนักงานฝ่ายผลิตจะเริ่มทำการเทเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปลงเครื่องบดเพื่อทำการบดเป็นผงพลาสติกขนาดเล็กและจะถูกส่งต่อไปที่เครื่องผสม จากนั้นจึงทำการเทสารเติมแต่งลงไปในเครื่องผสมและทิ้งระยะเวลาให้ผงพลาสติกผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับสารเติมแต่ง
5. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพครั้งที่ 1 (Inspection I) เมื่อผงพลาสติกเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับสารเติมแต่งต่างๆแล้ว พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อส่งให้กับฝ่ายตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบคุณภาพของผงพลาสติก ถ้าคุณภาพผงพลาสติกได้มาตรฐานก็จะถูกส่งไปสู่กระบวนการถัดไป หรือหากผงพลาสติกไม่ได้คุณภาพแต่สามารถแก้ไขได้พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการแก้ไขคุณภาพของผงพลาสติกและส่งตรวจสอบอีกครั้ง หรือหากผงพลาสติกไม่ได้คุณภาพและไม่สามารถแก้ไขได้พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการแจ้งให้หัวหน้าฝ่ายผลิตต่อไป
6. กระบวนการนวดพลาสติก พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าและทดลองนวดพลาสติก จนกว่าจะได้เส้นพลาสติกที่นวดสมบูรณ์ ด้วยการตรวจสอบเทียบกับตัวอย่างเส้นพลาสติกมาตรฐาน แล้วจึงจะทำการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าในการนวดพลาสติกตามมาตรฐานที่กำหนด โดยในระหว่างกระบวนการจะมีพนักงานประจำเครื่องนวดคอยตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องนวดและบันทึกข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนด
7. กระบวนการตี พนักงานฝ่ายผลิตทำการติดตั้งตะแกรงขนาดตามมาตรฐานกำหนดเข้ากับเครื่องตีเม็ดพลาสติก และเมื่อเส้นพลาสติกออกจากเครื่องนวดจะไหลเข้าสู่เครื่องตีเม็ดพลาสติกและเม็ดพลาสติกนั้นจะถูกตีจนกว่าจะมีขนาดเล็กจนสามารถลอดออกจากตะแกรงของเครื่องตีเม็ดพลาสติก และไหลสู่กระบวนการถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. กระบวนการร่อนเม็ดพลาสติก พนักงานฝ่ายผลิตทำการติดตั้งตะแกรงร่อนขนาดตามมาตรฐานกำหนดเข้ากับเครื่องคัดขนาดเม็ดพลาสติก โดยขนาดเม็ดพลาสติกที่ใหญ่และเล็กกว่ามาตรฐานจะถูกคัดแยกออกไปในขั้นตอนนี้
9. กระบวนการลดอุณหภูมิ หลังจากที่เม็ดพลาสติกผ่านกระบวนการร่อนแล้วก็จะถูกลดอุณหภูมิด้วยเครื่องลดอุณหภูมิแบบโรตารี่ (Rotary cooler) และเม็ดพลาสติกจะไหลสู่กระบวนการบรรจุต่อไป
10. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพครั้งที่ 2 (Inspection II) ขั้นตอนนี้นั้นพนักงานฝ่ายผลิตจะทำการสุ่มตรวจสอบคุณภาพเม็ดพลาสติก โดยสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐานการตรวจสอบและส่งตัวอย่างให้กับฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของเม็ดพลาสติกทุกรายการ เช่น อัตราการไหลของเม็ดพลาสติก, เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป, สี, และสิ่งแปลกปลอมต่างๆที่ปะปนมากับเม็ดพลาสติกและทำการบันทึกผลการตรวจสอบ หากคุณภาพของเม็ดพลาสติกได้มาตรฐานตามข้อกำหนดพนักงานฝ่ายผลิตก็จะทำการบรรจุเม็ดพลาสติกต่อไป แต่ถ้าหากคุณภาพของเม็ดพลาสติกไม่ได้มาตรฐานจะทำการแจ้งต่อหัวหน้าฝ่ายผลิตเพื่อทำการจัดการกับของเสียตามมาตรฐานการจัดการ
11. กระบวนการบรรจุและจัดเก็บผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก ขั้นตอนนี้จะทำการบรรจุเม็ดพลาสติกลงถุงกระดาษ ตามมาตรฐานที่กำหนดและเรียงงานบนแท่นวางสินค้าหรือพาเลท (Pallet) จากนั้นจึงจัดเก็บเม็ดพลาสติกในห้องควบคุมอุณหภูมิตามมาตรฐานการจัดเก็บผลิตภัณฑ์และรอส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก

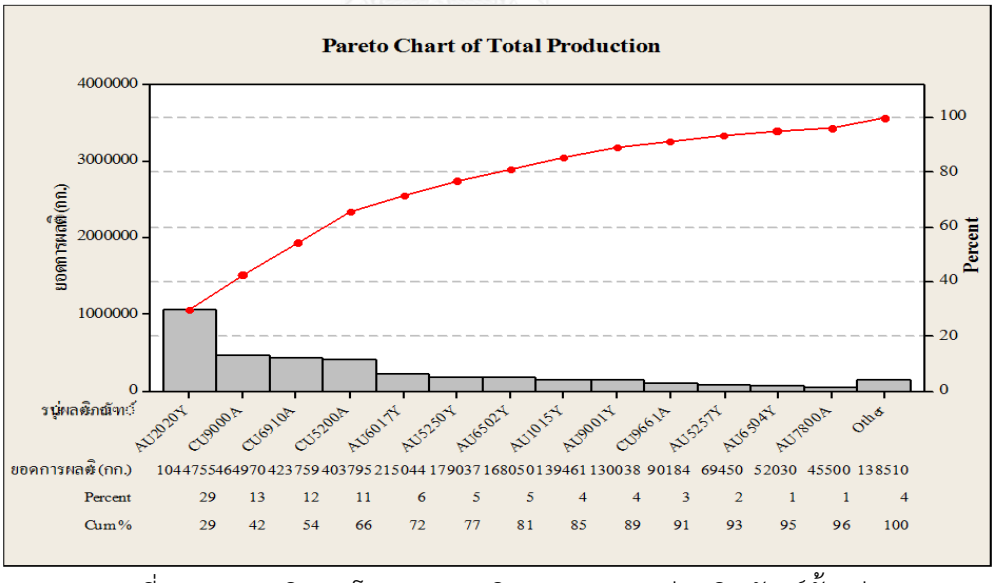
3.4 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น ทำให้เกิดเป็นของเสียจนทำให้เกิดความสูญเสียในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนเครื่องจักร และเวลา ได้แก่ ข้อบกพร่องประเภทจุดสี ทำให้เมื่อลูกค้านำเม็ดพลาสติกไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานจะเกิดจุดสีขึ้นกับชิ้นงานเป็นจุดสิ่งแปลกปลอมขึ้นและลูกค้าไม่สามารถนำชิ้นงานไปแก้ไขใหม่ได้ และมีผลกับการใช้งานเม็ดพลาสติกของลูกค้า

3.4.1 การคัดเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกสำหรับงานวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลเรื่องของสัดส่วนของเสียในแต่ละรุ่น ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 ดังแสดงแล้วในบทที่ 1 สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y มีปริมาณการผลิตรวมสูงเป็นอันดับหนึ่ง ดังตารางที่ 3.1และ มียอดการผลิตสูงสุด เท่ากับ 1,065,400 กิโลกรัม และคิดเป็นร้อยละ 29 ของรุ่นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นจึงเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ AU2020Y มาทำการศึกษาวิจัย



รูปที่ 3.4 แผนภูมิพาเรโตยอดการผลิตรวมแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปริมาณการผลิต ปริมาณของเสีย และมูลค่าความสูญเสียแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556

ลำดับที่	รุ่นผลิตภัณฑ์	ปริมาณการผลิต (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	มูลค่าความสูญเสีย (บาท)
1	AU1015Y	142,255	0	0
2	AU2020Y	1,065,400	49,095	1,173,438
3	AU5250Y	182,535	0	0
4	AU5257Y	70,894	0	0
5	AU6017Y	220,011	700	6,650
6	AU6502Y	171,184	0	0
7	AU6504Y	53,151	1,160	24,940
8	AU7800A	46,311	725	15,588
9	AU9001Y	132,720	0	0
10	CU1004A	25,662	0	0
11	CU1030A	45,884	750	16,125
12	CU1045A	2,140	918	19,737
13	CU2022Y	4,200	825	17,738
14	CU5200A	411,773	4,295	164,978
15	CU5662A	33,996	0	0
16	CU6022Y	25,548	1,275	27,413
17	CU6910A	432,392	5,452	227,239
18	CU7001A	3,604	1,005	21,608
19	CU9000A	474,102	3,855	136,720
20	CU9661A	92,026	1,140	24,510

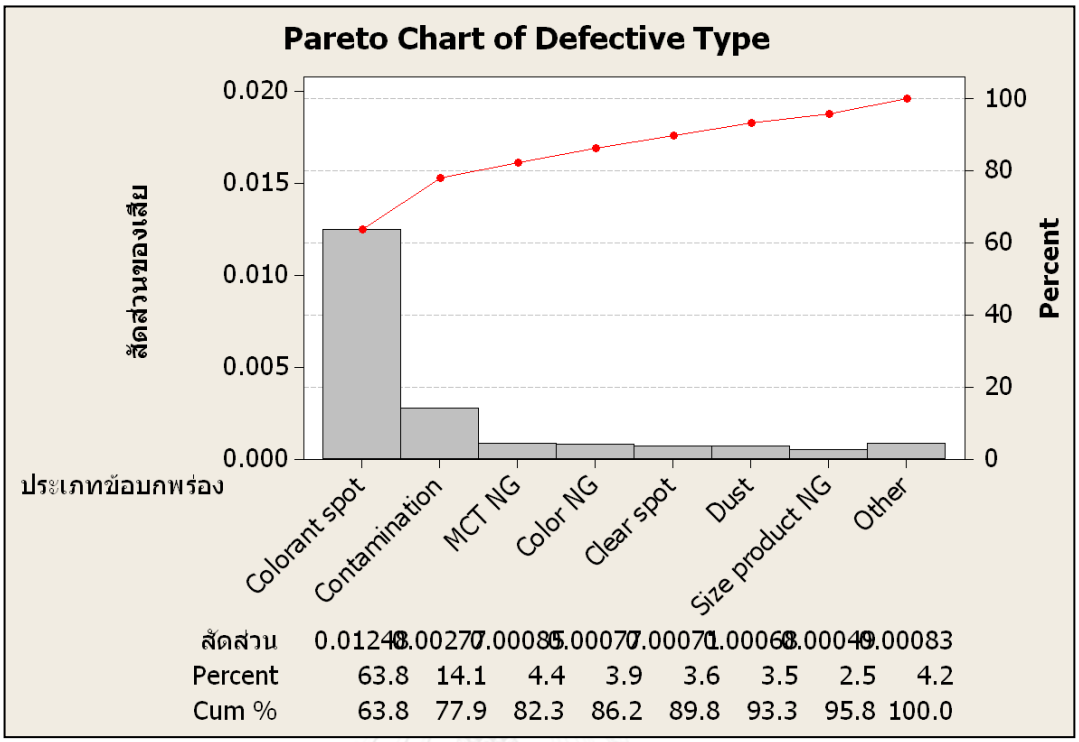
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2 การคัดเลือกข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกสำหรับงานวิจัย

การคัดเลือกข้อบกพร่องมาทำการศึกษาวิจัยนั้น จะทำการคัดเลือกจากสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกโดยจากการรวบรวมข้อมูลของเสียในช่วงเดือนตุลาคม 55 - เมษายน 56 พบว่าข้อมูลของสัดส่วนของเสียเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก และปริมาณการผลิตรวมตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2555 – เมษายน 2556

ลำดับที่	ประเภทข้อบกพร่อง	ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น (กิโลกรัม)	
		ปริมาณของเสียรวมต่อประเภทข้อบกพร่อง (กิโลกรัม)	สัดส่วนของเสียรวมต่อประเภทข้อบกพร่อง (%)
1	Colour spot	45,390	1.159%
2	Brown spot	0	0.000%
3	White spot	1,240	0.034%
4	MCT NG	3,105	0.085%
5	Dust	2,475	0.068%
6	D/F NG	1,765	0.049%
7	Clear spot	2,580	0.071%
8	Colour NG	2,793	0.077%
9	Size product NG	1,782	0.049%
10	Contamination	10,065	0.366%
ปริมาณการผลิตรวมต่อเดือน (กิโลกรัม)		3,635,778	



รูปที่ 3.5 แผนภูมิพาเรโตสัดส่วนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง

จากรูปที่ 3.5 พบว่าสัดส่วนของเสียประเภทจุดสี มีสัดส่วนของเสียเกิดขึ้นสูงสุดเป็นอันดับ 1 โดยมีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 63.8 ของสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด พบว่าของเสียของข้อบกพร่องแต่ละประเภทนั้น จะเกิดในของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี ดังนั้นจึงได้ทำการเลือก เพื่อศึกษาวิจัย

3.5 การกำหนดวัตถุประสงค์ในงานวิจัย

เพื่อลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ลดลงจากเดิม 50%

3.5.1 ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในงานวิจัยนี้

ข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) คือจุดสีที่มีขนาดใหญ่และเข้มที่พบบนชิ้นงานหลังจากนำเม็ดพลาสติกไปขึ้นรูปส่งผลให้เกิดจุดสิ่งแปลกปลอมบนผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลต่อการใช้งานของลูกค้าดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ลักษณะจุดสิ่งแปลกปลอมบนชิ้นงานขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาเพื่อลดข้อบกพร่องประเภทจุดสีของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y โดยศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่มีสาเหตุจากข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยไม่รวมถึงสาเหตุที่เกิดจากการออกแบบเครื่องจักร และการปรับปรุงที่จะปฏิบัติจริงจะทำเฉพาะการปรับปรุงที่ไม่ใช้เงินลงทุนสูง การปรับปรุงที่ต้องใช้การลงทุนสูง จะต้องได้รับการอนุมัติของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา และอาจใช้เวลานานในการปรับปรุง จึงจะเสนอเป็นข้อเสนอแนะเท่านั้น

3.7 สรุปผลขั้นตอนการนิยามปัญหา

ในขั้นตอนการนิยามปัญหานี้จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลของสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56โดยพบว่าข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่เกิดกับผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y มีของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดเป็นอันดับที่ 1โดย มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 1.248 % และคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียอยู่ที่ 984,485 บาท โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ย 140,640 บาทต่อเดือน ซึ่งทั้งปริมาณการผลิตและจำนวนของเสียมีแนวโน้มที่สูงขึ้น อย่างต่อเนื่องซึ่งหากไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างถาวร จะทำให้บริษัทต้องสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น สูญเสียชื่อเสียงเพราะคุณภาพของสินค้าต่ำลง และอาจสูญเสียความน่าเชื่อถือจากการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้าได้ จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการที่จะแก้ไขปัญหาต่อไป โดยมีเป้าหมายในการแก้ไขคือ ลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยสัดส่วนของเสียลดลงจากเดิม 50 % โดยมีของเขตการวิจัยที่กระบวนการเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y และมีสาเหตุจากข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่รวมถึงสาเหตุที่เกิดจากการออกแบบเครื่องจักร โดยสามารถสรุปเป็น Project Charter ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Project Charter

Project Name : การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

Business case :

เกิดปัญหากับกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยมีของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น

Problem Statement :

ปัญหาของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56 พบว่าข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่เกิดกับผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y มีของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดเป็นอันดับที่ 1 โดย มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 1.248 % และคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียอยู่ที่ 984,485 บาท โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ย 140,640 บาทต่อเดือน และจำนวนของเสียมีแนวโน้มที่สูงขึ้น อย่างต่อเนื่อง

Objective Statement :

ลดสัดส่วนของเสียประเภทจุดสีของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกให้ลดลง 50% ภายในเดือน มกราคม 2557

Project Scope :

ทำการศึกษากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y เท่านั้น

Project Metrics :

Business metrics: ต้นทุนของเสีย

Primary metrics: สัดส่วนของเสีย

Secondary metrics: พื้นที่จัดเก็บงาน

Consequential metrics: ผลิตภาพและต้นทุนการผลิต

Financial metrics: ต้นทุนของเสีย

Project Assumption :

1.มีการประชุมร่วมกับผู้บริหาร (Champion) เดือนละ 1 ครั้งโดยที่ปรึกษาจะให้คำแนะนำ ในการปรับปรุงโครงการ และให้ความช่วยเหลือในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

2.สมาชิกทุกคนสามารถแสดงความคิดเห็นและให้ความร่วมมือในการปรับปรุงงานอย่างเต็มที่

Project Constraints :

สมาชิกในทีมมีเวลาให้กับโครงการสัปดาห์ละ 10 ชม. และเข้าประชุมร่วมกันสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

Team members :

นายชาญชัย	จิรธารานนท์	ผจก.ฝ่ายประกันคุณภาพ
นายคณิต	เพชรทอง	วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ
นายสมชาย	บุญวาส	ผจก.ผู้จัดการฝ่ายผลิต
นายมาโนช	ฤกษ์รัตน์	หัวหน้าฝ่ายผลิต
นายประกิต	โนรีรัตน์	พนักงานฝ่ายผลิต
นายพงษ์พิสิฐ	หนานเขียง	วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา
นายกฤษฎา	อินทร์ชุม	วิศวกรฝ่ายผลิต
นางสุดใจ	เครือฟู	พนง.ตรวจสอบคุณภาพ
นายยศวิน	ศรีศักดิ์สรชาติ	หัวหน้าโครงการ

Timeline :

Phase	Plan	Actual
Define	30 ก.ย. 56	
Measure	31 ต.ค. 56	
Analysis	30 พ.ย. 56	
Improve	31 ธ.ค. 56	
Control	31 ม.ค. 57	

บทที่ 4

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

4.1 บทนำ

ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานั้น จะใช้เครื่องมือทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ โดยขั้นตอนแรกจะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัดเพื่อที่จะประกันความถูกต้องของระบบการวัด จากนั้นจะทำการระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) แล้วจึงคัดกรองสาเหตุของปัญหาด้วยเกณฑ์การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) เพื่อช่วยในการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา โดยนำคะแนนที่ได้ไปจัดเรียงระดับความสำคัญด้วยแผนภูมิพาเรโต เพื่อนำปัจจัยที่ได้ไปทำการทดลองและแก้ไขปัญหาจุดสีต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบการวัดในการตรวจสอบกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นเป็นการประเมินผลของข้อมูลแบบนับ (Attribute Data) ซึ่งจะมีการตัดสินใจด้วยข้อกำหนดเฉพาะหรือค่ามาตรฐาน เพื่อให้ได้ข้อมูลว่า ผ่าน (G-Good) หรือ ไม่ผ่าน (NG-no good) โดยจะทำการวิเคราะห์การเห็นพ้องกัน (Attribute agreement analysis) ว่าระบบการวัดนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยวิเคราะห์ทั้งความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

4.2.1 การตรวจสอบเม็ดพลาสติกที่มีข้อบกพร่องประเภทจุดสีเกินค่ามาตรฐาน

ในการตรวจสอบคุณภาพของบริษัทกรณีศึกษานั้น จะทำการตรวจสอบทั้งคุณภาพของวัตถุดิบและ คุณภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก โดยในส่วนของการตรวจสอบวัตถุดิบนั้นจะมีมาตรฐานในการยอมรับวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นเม็ดพลาสติกเมื่อผลการตรวจสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานเท่านั้น

และในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกเพื่อตรวจสอบว่าเม็ดพลาสติกมีสิ่งแปลกปลอมประเภทจุดสีปะปนมาหรือไม่ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องถูกส่งไปถึงลูกค้า โดยพนักงาน

ตรวจสอบจะนำวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกที่ต้องการตรวจสอบนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบ และทำการให้คะแนนของจุดสีบนชิ้นงาน ซึ่งคะแนนของจุดสีบนชิ้นงาน จะแปรผันตามขนาดและจำนวนของจุดสีที่พบ โดยทางบริษัทกรณีศึกษามีเกณฑ์การให้คะแนนจุดสีดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์มาตรฐานของการให้คะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

ลำดับ	ขนาดของจุดสี (ตารางมิลลิเมตร)	คะแนน (แต้ม) ต่อ 1 จุดที่พบ
1	< 0.05	0
2	0.05	5
3	0.05 ≤ 0.08	8
4	0.08 ≤ 0.10	10
5	0.10 ≤ 0.20	20
6	0.20 ≤ 0.30	30
7	0.30 ≤ 0.50	50
8	0.50 ≤ 0.70	70
9	0.70 ≤ 1.00	100
10	1.00 ≤ 1.50	150
11	1.50 ≤ 2.00	200
12	2.00 ≤ 2.50	250
13	2.50 ≤ 3.00	300
14	3.00 ≤ 4.00	400
15	> 4.00	500

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งข้อกำหนดของทางบริษัทกรณีศึกษานั้นมีมาตรฐานของค่าคะแนนรวมของจุดสีไม่เกิน 50 คะแนนต่อชิ้นงานทดสอบ 1 ชิ้น เมื่อพนักงานตรวจสอบ ชิ้นงานทดสอบแล้วจะทำการให้คะแนนของจุดสีและรวมคะแนนของจุดสีที่พบทั้งหมดพร้อมทั้งสรุปผลการตรวจสอบว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบหรือไม่ โดยเกณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาคือ คะแนนรวมของจุดสีที่พบ ต้องน้อยกว่า 50 คะแนน จากนั้นจึงบันทึกผลลงในเอกสารการตรวจสอบทุกครั้ง

4.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทจุดสี

ในการวิเคราะห์ระบบการวัดของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทจุดสี ซึ่งเป็นข้อมูลตามลักษณะจะวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Attribute Agreement Analysis โดยการตรวจสอบนี้จะใช้การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) มีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1. จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบสำหรับข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y
2. สุ่มพนักงานตรวจสอบ 3 คนจากพนักงานตรวจสอบทั้งหมด ที่ทำหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ พร้อมทั้งผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี
3. คัดเลือกชิ้นงานตรวจสอบ ที่ขึ้นรูปด้วยเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y จากกระบวนการผลิตทั้งหมดจำนวน 20 ชิ้น โดยชิ้นงานตรวจสอบประกอบไปด้วยชิ้นงานคุณภาพดี ที่ไม่พบจุดสีจำนวน 10 ชิ้น และชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดีพบจุดสีแต่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ 5 ชิ้น และชิ้นงานที่พบจุดสีเกินค่ามาตรฐาน 5 ชิ้น ซึ่งชิ้นงานทั้งหมดนี้จะต้องผ่านการตรวจสอบจากพนักงานที่สามารถอ้างอิงได้
4. ทำการสุ่มพนักงานตรวจสอบจากพนักงานที่ได้รับเลือก 3 คน และตรวจสอบชิ้นงานจากการสุ่มชิ้นงานทั้งหมด 20 ชิ้นโดยพนักงานแต่ละคนต้องทำการตรวจสอบชิ้นงานซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งและทำการบันทึกผลการตรวจสอบ
5. ทำการวิเคราะห์และสรุปผลการตรวจประเมินโดยผลการประเมินจะต้องผ่านเกณฑ์การประเมินที่ 100% ดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การยอมรับ
% ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (% Appraiser score)	100%
% ความไม่ไบอัสของพนักงาน (% Attribute score)	100%
% ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen effective score)	100%
% ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute screen effective score)	100%

ผลการตรวจสอบของพนักงานวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทจุดสี ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y แสดงในตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทจุดสี

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2			พนักงานคนที่ 3			คุณภาพที่แท้จริง
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
3	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
4	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทจุดสี

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2			พนักงานคนที่ 3			คุณภาพที่แท้จริง
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
18	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

โดย G ใช้แทนตัวอย่างชิ้นงานทดสอบคุณภาพดี และ NG ใช้แทนตัวอย่างชิ้นงานทดสอบคุณภาพไม่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (% Appraiser score)

จากการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 20 ชิ้น และทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ของพนักงานทั้ง 3 คนดังนี้

- % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 = 20/20 X 100% = 100%
- % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 2 = 20/20 X 100% = 100%
- % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 3 = 20/20 X 100% = 100%

จากผลพนักงานทั้ง 3 คนมี % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบเท่ากับ 100 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. % ความไม่ไบอัสของพนักงาน (% Attribute score)

จากการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 20 ชิ้น และทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ของพนักงานทั้ง 3 คนดังนี้

- % ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 1 = 20/20 X 100% = 100%
- % ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 2 = 20/20 X 100% = 100%
- % ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 3 = 20/20 X 100% = 100%

จากผลพนักงานทั้ง 3 คนมี % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบเท่ากับ 100 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3. % ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen effective score)

จากการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 20 ชิ้นและทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งสามารถคำนวณ % ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ ได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ Screen effective score} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$$

$$= 20/20 \text{ X } 100\% = 100\%$$

จากผลพนักงานทั้ง 3 คนตรวจสอบได้ผลเหมือนกันดังนั้น % ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบเท่ากับ 100 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4. % ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute screen effective score)

จากการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 20 ชิ้นและทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งสามารถคำนวณ % ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ ได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ Screen effective score} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$$

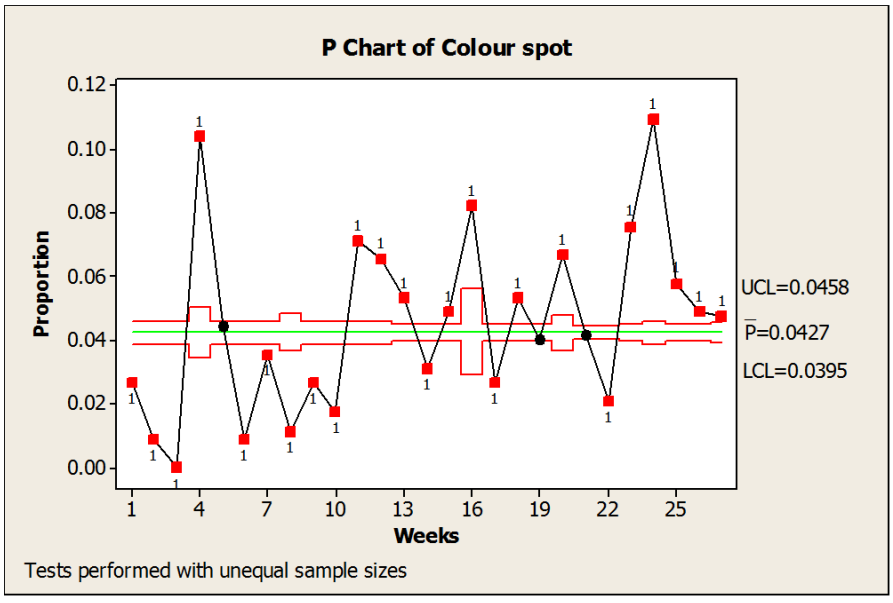
$$= 20/20 \text{ X } 100\% = 100\%$$

จากผลพนักงานทั้ง 3 คนตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและถูกต้องดังนั้น % ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบเท่ากับ 100 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัดด้วยข้อมูลแบบนับ (Attribute Agreement Analysis) ในการตรวจสอบเม็ดพลาสติกที่มีข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ในผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y ผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ 100% ทุกเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้นระบบการวัดจึงมีความเชื่อถือได้ แต่ผู้วิจัยต้องการควบคุมให้เหลือแต่ผลของปัจจัยที่ที่มาจากการทดลองเท่านั้น จึงกำหนดให้ระบบการวัดเป็นปัจจัยควบคุมและใช้พนักงานตรวจสอบคนเดิมตลอดการทดลองในงานวิจัยนี้

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

จากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับทำให้สามารถคำนวณความสามารถของกระบวนการผลิตได้ด้วยการใช้ข้อมูลที่ทำการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยจากการเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 ในผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y ที่มีข้อบกพร่องประเภทจุดสีพบว่ากระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกมีความผันแปรของสัดส่วนของเสียประเภทนี้สูงมากดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภูมิสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีตั้งแต่เดือนตุลาคม 55 - เมษายน 56

จากรูปที่ 4.2 เป็นแผนภูมิสัดส่วนของเสียรายสัปดาห์ของข้อบกพร่องประเภทจุดสีตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 โดยพบว่าสัดส่วนของข้อบกพร่องประเภท

จุดสีมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.26 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.59 ของข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

4.4 การระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้า

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมความคิดของคณะทำงานทั้งหมดซึ่งประกอบไปด้วย ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ผู้จัดการผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายผลิต พนักงานฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา วิศวกรฝ่ายผลิต พนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะส่งผลต่อปัญหาจุดสีซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- จัดทำแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) โดยจะทำการกำหนดปัญหาไว้ที่หัวของลูกศร และให้คณะทำงานเสนอความคิดเห็นที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสี ภายใต้กฎของการระดมสมองที่สำคัญ โดยทุกความเห็นจะถูกนำไปแยกเป็นประเด็นต่างๆและจัดทำสรุปเป็น แผนผังสาเหตุและผล
- นำปัจจัยที่ได้มาทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุโดยใช้เกณฑ์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) และทำการเรียงลำดับจากปัจจัยที่ได้คะแนนมากไปน้อยและใช้แผนภูมิพาเรโตในการตัดปัจจัยที่ได้คะแนนน้อยออกไป

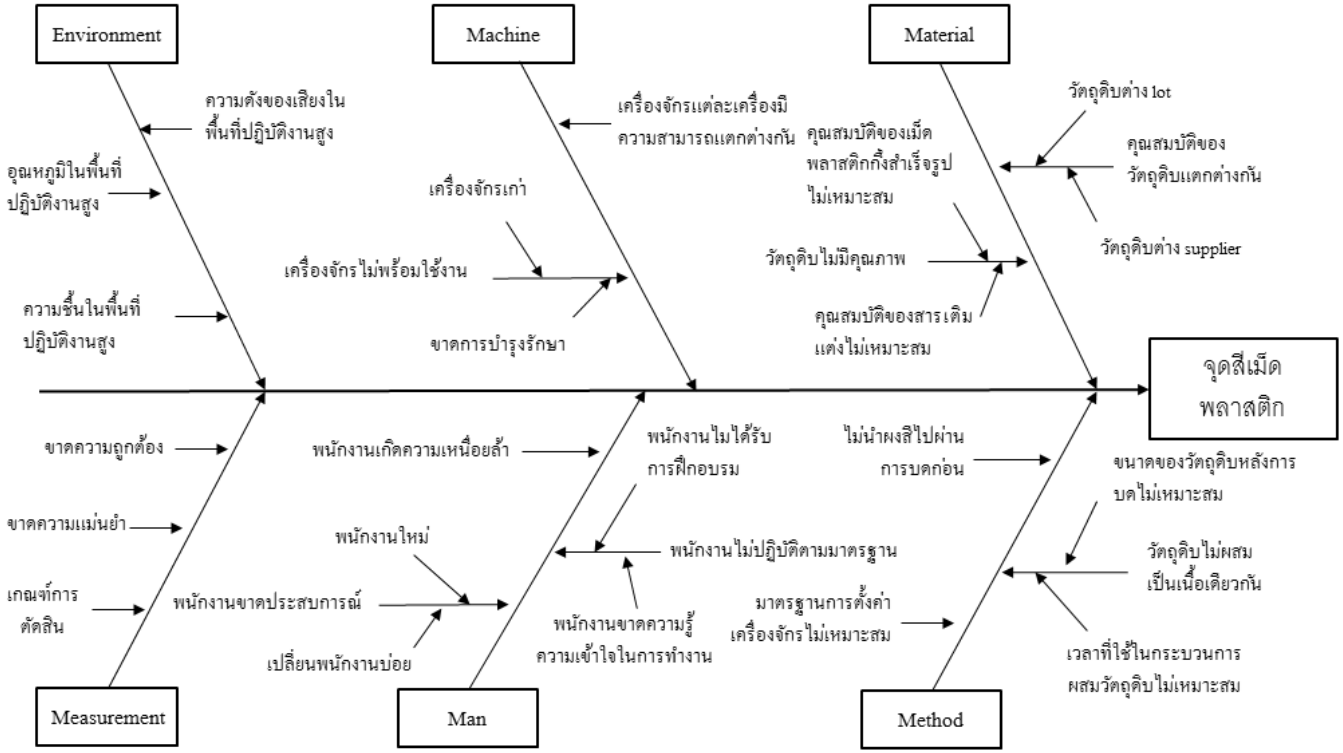
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.1. การวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

จากการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของข้อบกพร่องประเภทจุดสีนั้นสามารถแบ่งสาเหตุของปัญหาได้ทั้งหมด 6 ปัจจัยคือ

1. ปัจจัยที่เกิดจากคน (Man)
2. ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
3. ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
4. ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการ (Method)
5. ปัจจัยที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Environment)
6. ปัจจัยที่เกิดจากการวัด (Measurement)

โดยรายละเอียดของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทจุดสีแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องประเภท

4.4.2. การวิเคราะห์ปัญหาจากตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effects Matrix)

ในขั้นตอนนี้นั้นจะทำการนำเอาปัจจัยที่ได้จากแผนผังสาเหตุแลผลของปัจจัยมาทำการให้คะแนนเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล โดยคะแนนที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการประเมินนี้เกิดจากการปรึกษาร่วมกันของคณะทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับการศึกษาวิจัยนี้ และคะแนนจะสัมพันธ์กับข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่จะมีผลต่อข้อกำหนดเฉพาะของลูกค้า ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

ระดับความสำคัญ	ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	คะแนน
มาก	ปัจจัยที่มีผลมากและมีความสัมพันธ์ในการก่อให้เกิดข้อบกพร่องมาก	9
ปานกลาง	ปัจจัยที่มีผลปานกลางและมีความสัมพันธ์ในการก่อให้เกิดข้อบกพร่องปานกลาง	3
น้อย	ปัจจัยที่มีผลน้อยและมีความสัมพันธ์ในการก่อให้เกิดข้อบกพร่องน้อย	1
น้อยมาก	ปัจจัยที่มีไม่มีผลและไม่มีความสัมพันธ์ในการก่อให้เกิดข้อบกพร่อง	0

Chulalongkorn University

และการให้คะแนนจะมาจากคณะทำงานที่ร่วมระดมความคิดและประเมิน ต้องเป็นคะแนนที่เกิดจากเสียงเอกฉันท์ของแต่ละปัจจัย หากคะแนนของปัจจัยออกมาไม่เป็นเอกฉันท์ ฝ่ายเสียงส่วนน้อยจะได้รับการอธิบายเหตุผลจากเสียงส่วนมาก โดยผลของการร่วมกันระดมความคิดและประเมินคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

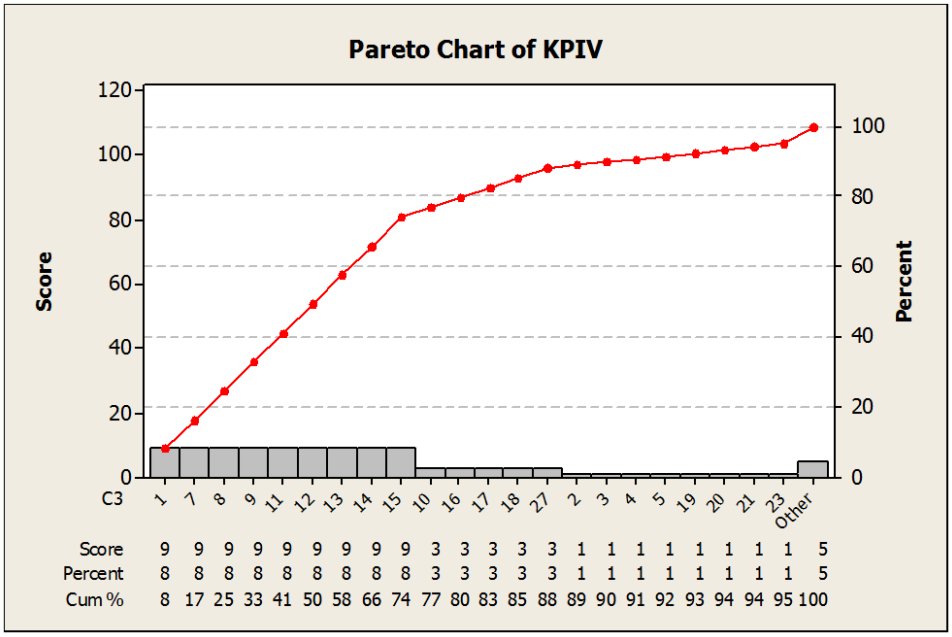
ลำดับที่	กระบวนการ	ปัจจัยนำเข้า	จุดสี
1	กระบวนการตรวจวัตถุดิบขาเข้า	ผงสี (Colorant) ต่างล็อต	9
2		ผงสี (Colorant) ต่างผู้ขาย	1
3		คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปไม่เหมาะสม	1
4		คุณสมบัติของสารเติมแต่งไม่เหมาะสม	1
5	การทำความสะอาด	มีงานเก่าปะปน	1
7	กระบวนการผสมวัตถุดิบ	เวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบไม่เหมาะสม	9
8		อัตราการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องบดไม่เหมาะสม	9
9		วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	9
10		ขนาดของวัตถุดิบหลังการบดใหญ่เกินไป	3
11		บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	9
12	กระบวนการนวด	อัตราการป้อนวัตถุดิบไม่เหมาะสม	9
13		อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	9
14		ความเร็วในการนวดไม่เหมาะสม	9
15		พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	9
16		พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรม	3
17		พนักงานขาดความเข้าใจในการทำงาน	3
18		พนักงานเกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน	3
19		พนักงานใหม่	1
20		พนักงานขาดประสบการณ์ในการทำงาน	1

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

ลำดับที่	กระบวนการ	ปัจจัยนำเข้า	จุดสี
21	กระบวนการนวด (ต่อ)	เครื่องจักรไม่พร้อมใช้งาน	1
22		เครื่องจักรแต่ละเครื่องแตกต่างกัน	0
23		เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา	1
24		ความชื้นในพื้นที่ปฏิบัติงานสูง	0
25		อุณหภูมิในพื้นที่ปฏิบัติงานสูง	0
26		ความดังของเสียงในพื้นที่ปฏิบัติงานสูง	1
27	กระบวนการตี	ความเร็วของเครื่องตีงานไม่เหมาะสม	3
28		ขนาดตะแกรงของเครื่องตีเม็ดพลาสติก ไม่เหมาะสม	1
29	การร่อน	ขนาดของตะแกรงร่อนไม่เหมาะสม	1
30	การลดอุณหภูมิ	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นไม่เหมาะสม	1
31	กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ	ขาดความถูกต้องของระบบการวัด	0
32		ขาดความแม่นยำของระบบการวัด	0
33		เกณฑ์การตัดสินไม่ชัดเจน	0
34	กระบวนการบรรจุและจัดเก็บ	มีสิ่งแปลกปลอมตกลงไประหว่างบรรจุ	1
35		อุณหภูมิในการจัดเก็บไม่เหมาะสม	0

Chulalongkorn University

จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้ไปทำการเรียงลำดับจากปัจจัยที่ได้คะแนนมากไปน้อยและใช้แผนภูมิพาเรโตในการตัดปัจจัยที่ได้คะแนนน้อยออกไป ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

จากการระดมสมองของคณะทำงานพบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 35 ปัจจัย และเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล จากนั้นจึงนำผลไปทำการเรียงลำดับความสำคัญและพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 14 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยเป็นผลรวมของคะแนนเท่ากับ 96 คะแนนจากคะแนนทั้งหมด 109 คะแนน คิดเป็น 88 % ของคะแนนรวมทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่มีคะแนนสูงกว่า 3 คะแนน

ลำดับ	สาเหตุ	คะแนน
1	ผงสี (Colorant) ต่างล็อต	9
2	เวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบไม่เหมาะสม	9
3	อัตราการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องบดไม่เหมาะสม	9
4	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	9
5	บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	9
6	อัตราการป้อนวัตถุดิบไม่เหมาะสม	9
7	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	9
8	ความเร็วในการนวดไม่เหมาะสม	9
9	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	9
10	ขนาดของวัตถุดิบหลังการบดใหญ่เกินไป	3
11	พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรม	3
12	พนักงานขาดความเข้าใจในการทำงาน	3
13	พนักงานเกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน	3
14	ความเร็วของเครื่องตีงานไม่เหมาะสม	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.3. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยจากตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะนำปัจจัยที่ได้มาทั้งหมด 14 ปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสี มาเรียงลำดับความสำคัญโดยใช้เกณฑ์ที่ละเอียดยิ่งขึ้น คือเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) มาทำการประยุกต์ใช้เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นสูง หรือสามารถตรวจจับได้น้อย ส่วนเกณฑ์ในเรื่องความรุนแรงจะไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากมีความรุนแรงในระดับเดียวกันคือการมีจุดสีเกินมาตรฐาน โดยงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินค่า โอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence Score: C) และ ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection Score: D) จากเกณฑ์ในการประเมิน

คะแนนของกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ (AIAG, 2001) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับของคณะทำงานดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์ในการประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence Score: C)

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด	ระดับความเป็นไปได้ของความผิดพลาด	จัดอยู่ในชั้น
สูงมาก: ความผิดพลาดนี้ส่วนใหญ่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้	1 ใน 2 (หรือมากกว่า 50%)	10
	1 ใน 3 (33.33%)	9
สูง: โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกันจนถึงกระบวนการก่อนหน้านี้ซึ่งเกิดขึ้นบ่อย	1 ใน 8 (12.50%)	8
	1 ใน 20 (5.0%)	7
พอสมควร: โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกันจนถึงกระบวนการก่อนหน้านี้ที่มีการเกิดขึ้นของความผิดพลาดแต่ไม่ใช่สัดส่วนที่มาก	1 ใน 80 (1.50%)	6
	1 ใน 400 (0.25%)	5
	1 ใน 2,000 (0.05%)	4
ต่ำ: ความผิดพลาดอย่างเดียวที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกัน	1 ใน 15,000 (0.0067%)	3
ต่ำมาก: ความผิดพลาดเพียงหนึ่งเดียวที่มีความเกี่ยวเนื่องกับ กระบวนการเหมือนกัน	1 ใน 150,000 (0.00067%)	2
น้อยนิด: ความผิดพลาดที่ไม่น่าเป็นไปได้	1 ใน 1,500,000 (0.000067%)	1

ตารางที่ 4.8 เกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection Score: D)

การตรวจสอบ	เกณฑ์: ข้อบกพร่องที่มีอยู่ในตอนนี้จะถูกตรวจสอบโดยกระบวนการควบคุมก่อนจะไปกระบวนการถัดไปหรือก่อนชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบออกจากสถานที่ทำการผลิตหรือประกอบ	จัดอยู่ในชั้น
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ไม่ทราบว่าจะหาการควบคุมใดมาป้องกันความเสียหาย	10
ไกลมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกไกลมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	9
ไกล	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกไกลที่จะป้องกันความผิดพลาด	8
ต่ำมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกต่ำมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	7
ต่ำ	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกต่ำที่จะป้องกันความผิดพลาด	6
พอสมควร	การควบคุมในตอนนี้มีพอสมควรที่จะป้องกันความผิดพลาด	5
สูงพอสมควร	การควบคุมในตอนนี้มีสูงพอสมควรที่จะป้องกันความผิดพลาด	4
สูง	การควบคุมในตอนนี้มีสูงที่จะป้องกันความผิดพลาด	3
สูงมาก	การควบคุมในตอนนี้มีสูงมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	2
เกือบแน่นอน	การควบคุมในตอนนี้ค่อนข้างแน่นอนที่ป้องกันความผิดพลาด และความน่าเชื่อถือของการควบคุมการป้องกันเป็นที่รู้จักในกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1

โดยผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกแสดงได้ในตารางที่ 4.8 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis)

ลำดับ	สาเหตุ	ลักษณะความล้มเหลว	สาเหตุที่เป็นไปได้ที่เกิดความล้มเหลว	Occurrence (O)	การควบคุมโดยการตรวจจับ	Detection (D)	RPN
1	ผงสี (Colorant) ต่างล็อต	คุณภาพผงสีไม่ได้มาตรฐาน	มีการนำผงสีไม่ได้มาตรฐานมาใช้	1	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	1	1
2	เวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบไม่เหมาะสม	เวลาที่ใช้ในการผสมมากหรือน้อยเกินไป	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	3	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	1	3
3	อัตราการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องบดไม่เหมาะสม	อัตราการป้อนวัตถุดิบมากเกินไป	ขนาดวัตถุดิบใหญ่เกินไป	3	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	1	3
4	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	3	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	1	3
5	บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	ไม่บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	ผงสีมีขนาดใหญ่เกินไป	7	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	8	56
6	อัตราการป้อนวัตถุดิบที่กระบวนการนวดไม่เหมาะสม	อัตราการป้อนวัตถุดิบมากหรือน้อยเกินไป	ค่าปรับตั้งอัตราการป้อนวัตถุดิบไม่เหมาะสม	7	สุ่มตรวจสอบกะละ 1 ครั้ง	8	56
7	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดมากหรือน้อยเกินไป	ค่าปรับตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	7	สุ่มตรวจสอบกะละ 1 ครั้ง	8	56

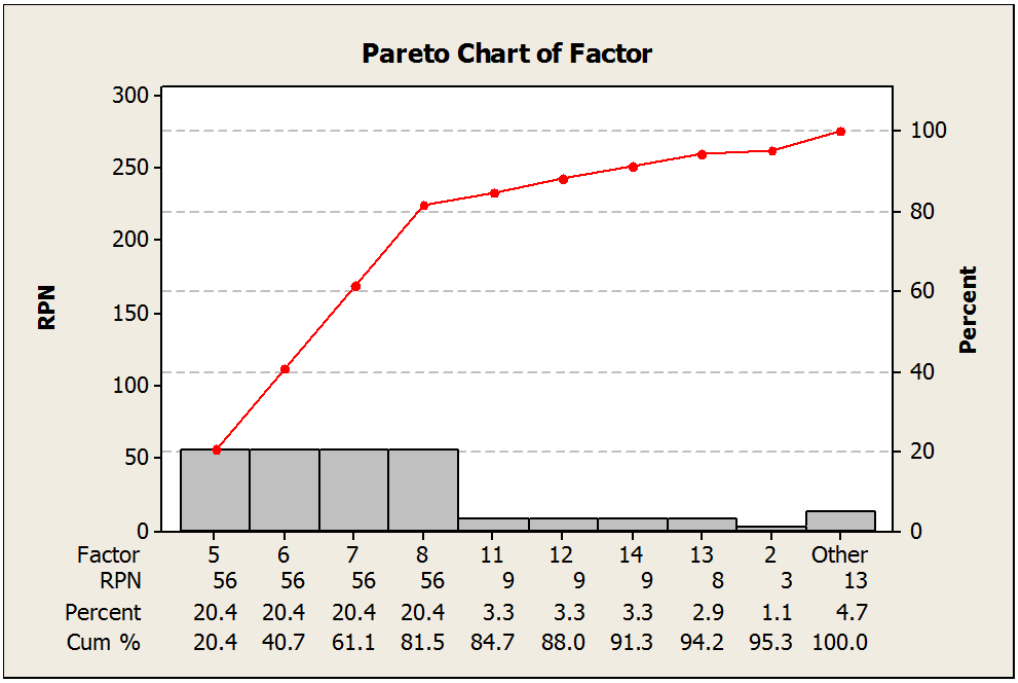
ตารางที่ 4.8 (ต่อ) รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis)

ลำดับ	สาเหตุ	ลักษณะความล้มเหลว	สาเหตุที่เป็นไปได้ที่เกิดความล้มเหลว	Occurrence (O)	การควบคุมโดยการตรวจจับ	Detection (D)	RPN
8	ความเร็วในการนวดไม่เหมาะสม	ความเร็วที่ใช้ในการนวดมากหรือน้อยเกินไป	ค่าปรับตั้งความเร็วที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	7	สุ่มตรวจสอบกะละ 1 ครั้ง	8	56
9	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	การปฏิบัติงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	พนักงานไม่ปฏิบัติงานตามมาตรฐาน (WI)	3	มีการอบรมประจำปี	1	3
10	ขนาดของวัตถุดิบหลังการบดใหญ่เกินไป	อัตราการป้อนวัตถุดิบมากเกินไป	ขนาดวัตถุดิบใหญ่เกินไป	3	มีการตรวจสอบคุณภาพทุกล็อต	1	3
11	พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรม	การปฏิบัติงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	มีการใช้พนักงานชั่วคราว	3	มีการอบรมประจำปี	3	9
12	พนักงานขาดความเข้าใจในการทำงาน	การปฏิบัติงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	พนักงานไม่ปฏิบัติงานตามมาตรฐาน (WI)	3	มีการอบรมประจำปี	3	9
13	พนักงานเกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน	การปฏิบัติงานที่ไม่ได้มาตรฐาน	พนักงานไม่ปฏิบัติงานตามมาตรฐาน (WI)	1	ไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน	8	8
14	ความเร็วของเครื่องตีงานไม่เหมาะสม	ความเร็วที่ใช้ในการตีมากหรือน้อยเกินไป	ค่าปรับตั้งความเร็วที่ใช้ในการตีไม่เหมาะสม	3	ตรวจสอบทุกชั่วโมง	3	9

ตารางที่ 4.9 สาเหตุของปัญหาและค่า RPN ที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA

ลำดับ	สาเหตุ	RPN	% สะสม
1	บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	56	20.4
2	อัตราการป้อนวัตถุดิบที่กระบวนการนวดไม่เหมาะสม	56	40.7
3	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	56	61.1
4	ความเร็วในการนวดไม่เหมาะสม	56	81.5
5	พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรม	9	84.7
6	พนักงานขาดความเข้าใจในการทำงาน	9	88.0
7	ความเร็วของเครื่องตีงานไม่เหมาะสม	9	91.3
8	พนักงานเกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน	8	94.2
9	เวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบไม่เหมาะสม	3	95.3
10	อัตราการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องบดไม่เหมาะสม	3	96.4
11	วัตถุดิบไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	3	97.5
12	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	3	98.5
13	ขนาดของวัตถุดิบหลังการบดใหญ่เกินไป	3	99.6
14	ผงสี (Colorant) ต่างล็อต	1	100.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับ RPN จากการวิเคราะห์ FMEA

จากรูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับ RPN จากการวิเคราะห์ FMEA พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 14 ปัจจัย และเมื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 4 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 4.10 โดยเป็นผลรวมคะแนนเท่ากับ 224 คะแนนจากคะแนนทั้งหมด 275 คะแนน คิดเป็น 81.5 % ของคะแนนรวมทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีจากการวิเคราะห์ FMEA

ลำดับ	สาเหตุ	RPN
1	บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	56
2	อัตราการป้อนวัตถุดิบที่กระบวนการนวดไม่เหมาะสม	56
3	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดไม่เหมาะสม	56
4	ความเร็วในการนวดไม่เหมาะสม	56

4.5 สรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด ข้อบกพร่องประเภทจุดสีของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y พบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน นั่นคือสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดในการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่จะทำการศึกษาต่อไป จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ พบว่าสัดส่วนของข้อบกพร่องประเภทจุดสี มีความผันแปรสูงโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.26 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.59 ของข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

การระดมสมองของคณะทำงานเพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y เริ่มต้นจากการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล พบว่ามีปัจจัยทั้งหมด 35 ปัจจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จนได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 14 ปัจจัยจึงนำมาวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 4 ปัจจัย โดยเป็นผลรวมคะแนนเท่ากับ 224 คะแนนจากคะแนนทั้งหมด 275 คะแนน คิดเป็น 81.5 % ของคะแนนรวมทั้งหมด ได้แก่ปัจจัย บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบที่กระบวนการนวดไม่เหมาะสม อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด จึงนำไปวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ว่าแต่ละปัจจัยนั้นมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่และทำการหาค่าที่เหมาะสมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

5.1 บทนำ

ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้ จะเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยการนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาจากบทที่ 4 มาทำการทดลองเพื่อคัดกรองหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญ โดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้ากับค่าคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

จากการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) พบว่ามีสาเหตุของปัญหาทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด เมื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลกับค่าคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบและทำให้สามารถนำปัจจัยที่ได้ไปทำการศึกษาต่อ และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามเป้าหมายที่วางไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

จากการทดลองผลิตเม็ดพลาสติกที่จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ ขั้นตอนการนวดวัตถุดิบตลอดจนขั้นตอนตรวจสอบนั้น มีค่าใช้จ่ายในการทำการทดลองที่ไม่สูงมาก ดังนั้นการออกแบบการทดลองจาก 4 ปัจจัย ทางคณะทำงานจึงได้เลือกรูปแบบการทดลองเป็นการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k และอาจจะมีความผิดพลาด (Error) ขึ้นเนื่องจากมีขั้นตอนในการทดลองหลายขั้นตอนดังนั้นจึงพิจาณาเรพลิเคตที่จะทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง โดยจะใช้การทดลองทั้งสิ้น 32 การทดลอง ซึ่งการออกแบบที่เลือกนี้เหมาะสำหรับการคัดกรองปัจจัย (Screening) ที่มีผลต่อค่าตอบสนอง (Response)

ซึ่งค่าตอบสนองในการทดลองนี้คือค่าคะแนนของจุดสีรวมที่พบบนชิ้นงานทดสอบ และในแต่ละปัจจัยนำเข้าแบ่งเป็น 2 ระดับคือระดับ สูง และระดับ ต่ำ และการทดลองนี้จะสามารถสรุปความมีนัยสำคัญของปัจจัยได้ทั้งปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (Interaction Effect) ได้

5.3 ตัวแปรตอบสนอง (Response)

ตัวแปรตอบสนองที่ใช้ในงานทดลองนี้ ที่ผู้วิจัยพิจารณาผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y และทำการตัดสินผลการตรวจสอบเป็นแบบ ผ่านหรือไม่ผ่าน ซึ่งเป็นการวัดข้อมูลตามลักษณะ แต่ด้วยกระบวนการตรวจสอบของบริษัทกรณีศึกษาที่มีขั้นตอนในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกด้วยการนำ เม็ดพลาสติกมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบทั้งหมด 2 ชิ้น จากนั้นทำการให้คะแนนของจุดสีบนชิ้นงานโดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานในการให้คะแนนแล้วทำการรวมคะแนนของค่าจุดสีในแต่ละชิ้น จากนั้นจะพิจารณาค่าคะแนนจุดสีที่มากที่สุด เป็นคะแนนของจุดสีของตัวอย่างที่ทดสอบ ซึ่งคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบนี้เองสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสอดคล้องของสาเหตุในการเกิดปัญหาได้โดยตรง โดยมาตรฐานของค่าคะแนนรวมของจุดสีต้องไม่เกิน 50 คะแนนต่อชิ้นงานทดสอบ ซึ่งหากคะแนนรวมของจุดสีเกิน 50 คะแนนจะส่งผลกระทบกับข้อกำหนดของลูกค้าได้

5.4 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าในการออกแบบการทดลอง (Input Factor)

จากการวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาจุดสีบนเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ที่ใช้ ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องพบว่ามีสาเหตุจากกระบวนการผลิตทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด และแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง(1) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

สัญลักษณ์	ปัจจัยนำเข้า	ชนิดของปัจจัย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับสูง (1)
A	บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม	ปัจจัยคุณลักษณะ	ไม่ผ่านการบด	ผ่านการบด
B	อัตราการป้อนวัตถุดิบ	ปัจจัยผันแปร	10 Hz	40 Hz
C	ความเร็วในการนวด	ปัจจัยผันแปร	400 rpm	1,200 rpm
D	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	ปัจจัยผันแปร	60 ^{o}C	100 ^{o}C

โดยการกำหนดระดับการทดลองของปัจจัยนำเข้านั้นมาจากมาตรฐานการผลิตที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันคือ บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม และไม่บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10-40 เฮิรตซ์ อุณหภูมิในการนวด 60 – 100 องศาเซลเซียส และความเร็วในการนวด 400 - 1,200 รวบต่อนาที

5.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^{k} แบบ 2 เรพลิเคต และมีจุดศูนย์กลาง (2^{k} Factorial Design Two Replicates With Center Point) เพื่อใช้ในการหาความมีนัยสำคัญของปัจจัยแต่ละระดับ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยในแต่ละระดับจาก ระดับต่ำ (-1) ไป ระดับสูง (1) โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 4 ปัจจัยแต่ละการทดลองประกอบไปด้วย 2^{4} เท่ากับ 16 การทดลองและเพื่อทราบถึงความผิดพลาด (Error) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีขั้นตอนในการทดลองหลายขั้นตอนดังนั้นจึงจะทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะใช้การทดลองทั้งสิน 32 การทดลองซึ่งในการทดลองนี้จะทำให้ทราบความมีนัยสำคัญของปัจจัยได้ทั้งปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (Interaction Effect) ได้ และเมื่อทราบว่าปัจจัยไหนที่มีนัยสำคัญแล้วจะนำเอาปัจจัยนั้นไปทำการทดลองต่อเพื่อหาค่าปัจจัยที่ดีที่สุดต่อค่าตัวแปรตอบสนองโดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยมีค่ามากกว่า 2 ระดับเนื่องจากอาจมีผลจากปัจจัยบางตัวที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งได้

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างเมทริกซ์ การออกแบบ (Design Matrix) และให้ลำดับที่ทำการทดลองเป็นแบบสุ่ม (Randomization) เพื่อให้ผลการทดลองไม่เป็นลำดับและมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยรายละเอียดของการทดลองแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดการออกแบบการทดลอง

Full Factorial Design

Factors: 4 Base Design: 4, 16
Runs: 32 Replicates: 2
Blocks: 1 Center pts (total): 0

All terms are free from aliasing.

Design Table (randomized)

Run	A	B	C	D
1	+	+	+	-
2	+	+	+	+
3	-	-	-	+
4	+	+	-	-
5	-	-	-	-
6	+	+	-	+
7	-	-	-	+
8	-	+	-	-
9	-	+	-	+
10	-	+	-	-
11	-	+	+	-
12	+	-	+	-
13	+	-	-	-
14	+	-	-	+
15	+	-	-	-
16	-	+	+	+
17	+	+	+	-
18	-	-	+	+
19	-	+	+	+
20	+	-	-	+
21	+	+	-	-
22	+	-	+	+
23	-	-	-	-
24	+	+	-	+
25	+	-	+	-
26	+	+	+	+
27	-	-	+	-
28	-	+	+	-
29	-	-	+	-
30	-	+	-	+
31	-	-	+	+
32	+	-	+	+

กรณ์มหาวิทยาลัย
NGKORN UNIVERSITY

กำหนดให้ สัญลักษณ์ – หมายถึงระดับต่ำ และสัญลักษณ์ + หมายถึงระดับสูง

ตารางที่ 5.3 ตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D
24	1	1	1	1	1	1	-1
32	2	1	1	1	1	1	1
9	3	1	1	-1	-1	-1	1
4	4	1	1	1	1	-1	-1
1	5	1	1	-1	-1	-1	-1
12	6	1	1	1	1	-1	1
25	7	1	1	-1	-1	-1	1
19	8	1	1	-1	1	-1	-1
27	9	1	1	-1	1	-1	1
3	10	1	1	-1	1	-1	-1
7	11	1	1	-1	1	1	-1
6	12	1	1	1	-1	1	-1
18	13	1	1	1	-1	-1	-1
26	14	1	1	1	-1	-1	1
2	15	1	1	1	-1	-1	-1
31	16	1	1	-1	1	1	1
8	17	1	1	1	1	1	-1
29	18	1	1	-1	-1	1	1
15	19	1	1	-1	1	1	1
10	20	1	1	1	-1	-1	1
20	21	1	1	1	1	-1	-1
30	22	1	1	1	-1	1	1
17	23	1	1	-1	-1	-1	-1
28	24	1	1	1	1	-1	1
22	25	1	1	1	-1	1	-1
16	26	1	1	1	1	1	1
21	27	1	1	-1	-1	1	-1
23	28	1	1	-1	1	1	-1
5	29	1	1	-1	-1	1	-1
11	30	1	1	-1	1	-1	1
13	31	1	1	-1	-1	1	1
14	32	1	1	1	-1	1	1

5.6 ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการทดลองตามที่ได้กำหนดไว้ จะได้ผลการทดลองของค่าคะแนนจุดสีดังนี้

ตารางที่ 5.4 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

RunOrder	A	B	C	D	ค่าคะแนนจุดสี (แต้ม)
1	1	1	1	-1	75
2	1	1	1	1	55
3	-1	-1	-1	1	0
4	1	1	-1	-1	30
5	-1	-1	-1	-1	15
6	1	1	-1	1	25
7	-1	-1	-1	1	5
8	-1	1	-1	-1	25
9	-1	1	-1	1	30
10	-1	1	-1	-1	35
11	-1	1	1	-1	75
12	1	-1	1	-1	40
13	1	-1	-1	-1	15
14	1	-1	-1	1	5
15	1	-1	-1	-1	10
16	-1	1	1	1	55
17	1	1	1	-1	80
18	-1	-1	1	1	55
19	-1	1	1	1	65
20	1	-1	-1	1	0

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

RunOrder	A	B	C	D	ค่าคะแนนจุดสี (แต้ม)
21	1	1	-1	-1	20
22	1	-1	1	1	50
23	-1	-1	-1	-1	10
24	1	1	-1	1	20
25	1	-1	1	-1	45
26	1	1	1	1	65
27	-1	-1	1	-1	45
28	-1	1	1	-1	70
29	-1	-1	1	-1	40
30	-1	1	-1	1	25
31	-1	-1	1	1	60
32	1	-1	1	1	60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง จำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากผลของการทดลองก่อน เพราะข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองจะต้องเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ จึงจะสามารถนำข้อมูล มาวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป โดยมีรายระเอียดดังนี้

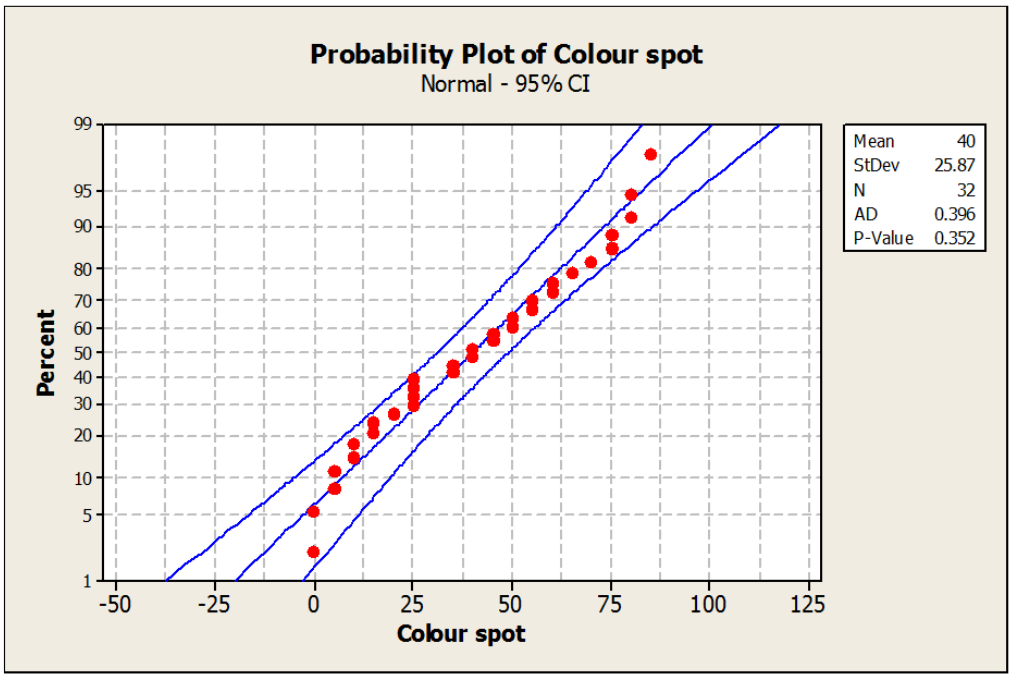
5.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์ผลของการออกแบบการทดลองนั้น จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อน ด้วยการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon ij \sim NID\ (0,\sigma^2)$ หรือไม่ ด้วยการทดสอบสมมติฐานของความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามหลักสมมติฐาน 3 ข้อคือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์และสรุปผล ดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) เป็นการพิจารณารูปแบบของการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติกราฟจะเป็นแนวเส้นตรง และเมื่อทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) ค่าของ P-Value จะต้องมากกว่า 0.05

   จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองค่าคะแนนจุดสี พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยค่าส่วนตกค้างของค่าจุดสีมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ดังรูปที่5.1 และให้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.352 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



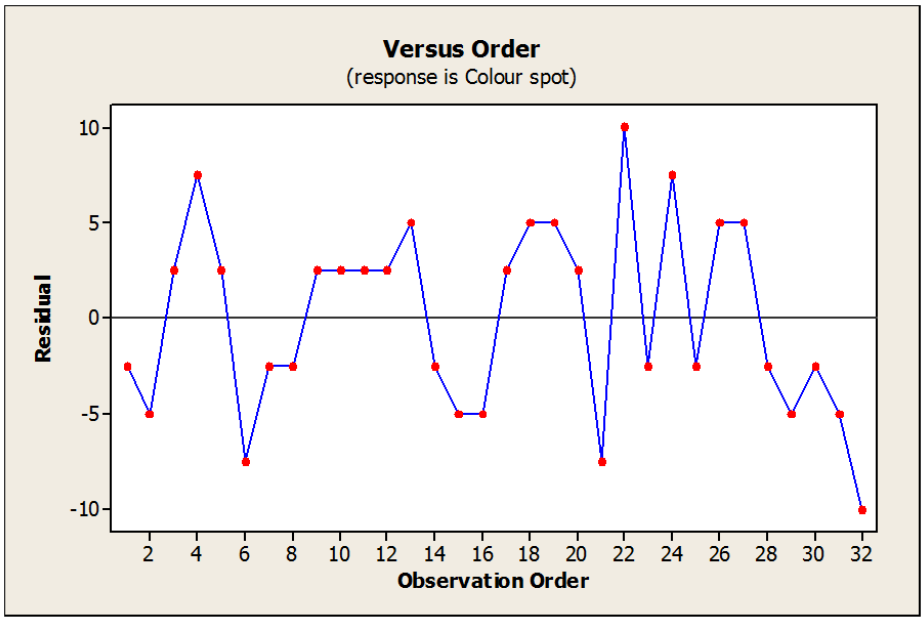
รูปที่5.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ

2. การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) เป็นการพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายตัวของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับของการเก็บข้อมูล โดยการกระจายตัวจะต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีรูปแบบแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน

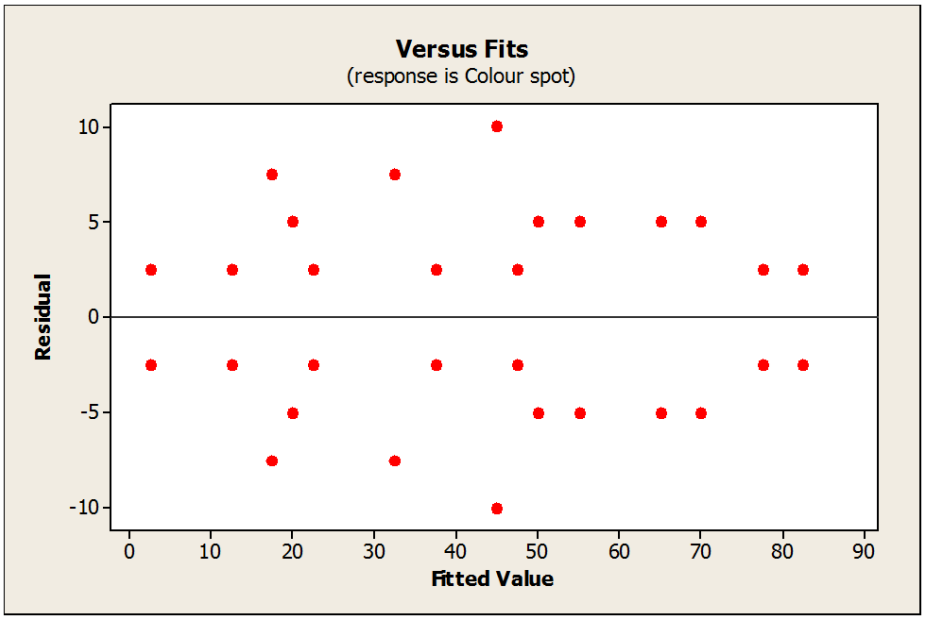
   จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับของการเก็บข้อมูลของจุดสีพบว่าสัดส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีรูปแบบแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอนดังรูปที่ 5.2

3. การทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) เป็นการพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือรูปกรวยปากเปิด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างค่าที่ถูกฟิตของการเก็บข้อมูลของจุดสีพบว่าสัดส่วนตกค้างไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปแบบแนวโน้มหรือรูปกรวยปากเปิด ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล



รูปที่ 5.3 การทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนนั่นหมายถึงผลการตรวจสอบความถูกต้องเป็นไปตาม หลักการ $\varepsilon ij \sim NID\ (0,\sigma^2)$ ของการออกแบบการทดลอง จึงสามารถใช้ผลการทดลองนี้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองในหัวข้อต่อไปได้

5.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้วขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ จากผลการออกแบบการทดลองเมื่อนำข้อมูลมา วิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 คือปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ ผลจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยคืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) อีกทั้งยังมีผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยอีก 2 คู่คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวด กับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD) โดยมีผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Factorial Fit: Colour spot versus A, B, C, D

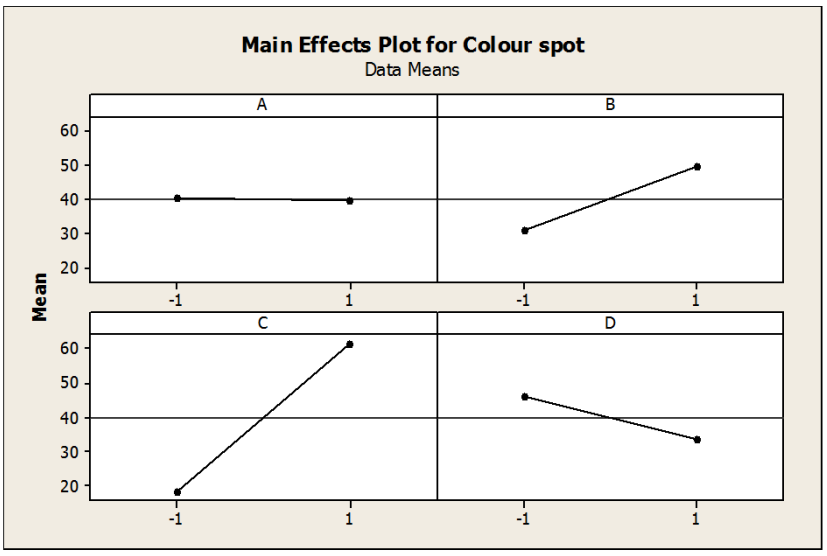
Estimated Effects and Coefficients for Colour spot (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		40.000	1.208	33.10	0.000
A	-0.625	-0.312	1.208	-0.26	0.798
B	18.750	9.375	1.208	7.76	0.000
C	43.125	21.563	1.208	17.84	0.000
D	-12.500	-6.250	1.208	-5.17	0.000
A*B	3.125	1.563	1.208	1.29	0.210
A*C	-0.000	-0.000	1.208	-0.00	1.000
A*D	0.625	0.313	1.208	0.26	0.798
B*C	5.625	2.812	1.208	2.33	0.030
B*D	-3.750	-1.875	1.208	-1.55	0.136
C*D	6.875	3.438	1.208	2.84	0.010

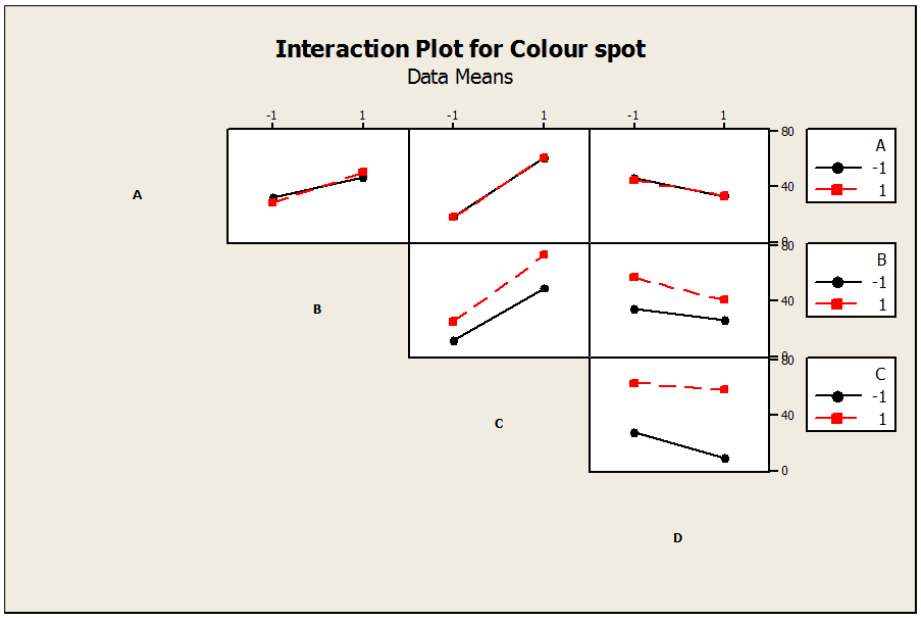
S = 6.83566 PRESS = 2278.46
R-Sq = 95.27% R-Sq(pred) = 89.02% R-Sq(adj) = 93.02%

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	18943.8	18943.8	4735.9	101.36	0.000
A	1	3.1	3.1	3.1	0.07	0.798
B	1	2812.5	2812.5	2812.5	60.19	0.000
C	1	14878.1	14878.1	14878.1	318.41	0.000
D	1	1250.0	1250.0	1250.0	26.75	0.000
2-Way Interactions	6	825.0	825.0	137.5	2.94	0.030
A*B	1	78.1	78.1	78.1	1.67	0.210
A*C	1	0.0	0.0	0.0	*	*
A*D	1	3.1	3.1	3.1	0.07	0.798
B*C	1	253.1	253.1	253.1	5.42	0.030
B*D	1	112.5	112.5	112.5	2.41	0.136
C*D	1	378.1	378.1	378.1	8.09	0.010
Residual Error	21	981.3	981.3	46.7		
Lack of Fit	5	206.3	206.3	41.3	0.85	0.534
Pure Error	16	775.0	775.0	48.4		
Total	31	20750.0				

นอกจากการแสดงผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญแล้ว สามารถแสดงแผนภาพของผลของปัจจัยหลัก และผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยที่มีผลต่อค่าจุดสี ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ รูปที่ 5.5 ดังนี้



รูปที่ 5.4 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าจุดสี



รูปที่ 5.5 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าจุดสี

ผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีคือปัจจัยด้านอัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ซึ่งจะพบว่าเมื่อปัจจัยด้านอัตราการป้อนวัตถุดิบอยู่ในระดับต่ำ (-1) จะมีผลทำให้ค่าจุดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่ออัตราการป้อนวัตถุดิบอยู่ในระดับสูง (1) และเมื่อพิจารณาปัจจัยด้านความเร็วในการนวด (C) จะพบว่าเมื่อปัจจัยด้านความเร็วในการนวด (C) อยู่ในระดับต่ำ (-1) จะมีผลทำให้ค่าจุดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อความเร็วในการนวดอยู่ในระดับสูง (1) และผลของปัจจัยหลักสุดท้ายคืออุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการนวดอยู่ในระดับต่ำ (-1) จะมีผลทำให้ค่าจุดสีมีค่าสูงกว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการนวดอยู่ในระดับสูง (1)

5.8 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบปัจจัยนำเข้า 4 ปัจจัยได้แก่ บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด มาทำการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k แบบ 2 เรพลิเคต (2^k Factorial Design Two Replicates) เพื่อใช้ในการหาความมีนัยสำคัญของแต่ละปัจจัยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยจากระดับต่ำ (-1) ไประดับสูง(1) โดยใช้การทดลองทั้งหมด 32 การทดลองโดยมีตัวแปรตอบสนองนั่นก็คือคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

หลังจากนำผลการทดลองที่ได้มาคัดกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อที่จะนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญไปทำการทดลองต่อเพื่อหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ค่าคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดจุดสีบนผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y คือ ผลจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยคืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยอีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

การปรับปรุงกระบวนการ

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะนำเอาปัจจัยนำเข้าที่ได้จาก ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าด้วยการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k แบบ 2 เรพลิเคต (2^k Factorial Design Two Replicates) มาทำการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองที่ทำให้สามารถลดข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก และผลจากการทดลองในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าคะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ ได้แก่ผลจากปัจจัยหลัก (Main Effect) 3 ปัจจัยคืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) และผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (Interaction Effect) อีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD) มาทำการทดลองเพิ่มด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ตั้งค่าเพื่อให้ค่าคะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบมีค่าน้อยที่สุด

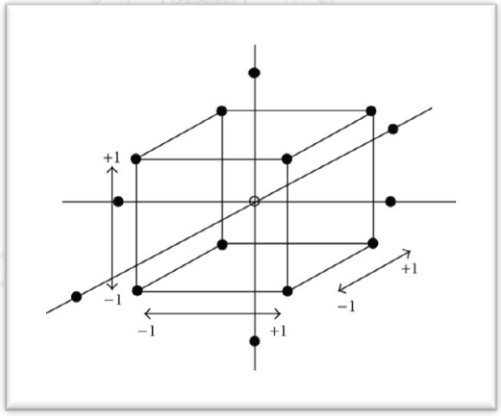
Chulalongkorn University

6.2 การกำหนดปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง

ปัจจัยนำเข้าที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y กับตัวแปรตอบสนอง โดยปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 3 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ ความเร็วในการนวด และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด โดยตัวแปรตอบสนองที่ใช้ในงานทดลองนี้คือค่าคะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

6.3 การออกแบบการทดลอง

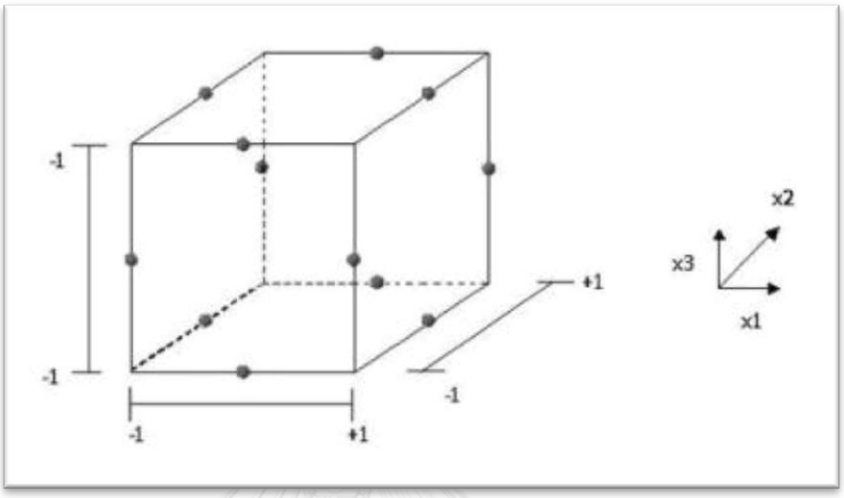
ผลจากการคัดกรองปัจจัยจากการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k แบบ 2 เรพลิเคต (2^k Factorial Design Two Replicates) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อค่าคะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบมีด้วยกันทั้งหมด 3 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) และผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (Interaction Effect) อีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD) จากการศึกษาวิธีการออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) พบว่าวิธีการออกแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดมีอยู่ 2 วิธีคือ การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) และการออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) โดยการออกแบบส่วนประสมกลาง (CCD) ทั่วไปจะประกอบไปด้วย 2^k แฟคทอเรียลที่มี n_f รัน, 2k รันในแนวแกนหรือในแนวรูปดาว (Star) และ n_c รันที่จุดศูนย์กลาง (ปารเมศ ชุติมา,2545) ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 การออกแบบส่วนประสมกลางแบบสำหรับ k=3

การออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) เป็นการออกแบบสามระดับสำหรับฟิตพื้นผิวผลตอบ โดยการออกแบบนี้เป็นการรวมการออกแบบแฟคทอเรียล 2^k กับการออกแบบบล็อกไม่บริบูรณ์ การออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน ที่มีตัวแปร 3 ตัวจะมีรูปทรงการออกแบบทางเรขาคณิตของการออกแบบโดยจะสังเกตว่าการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนเป็นการออกแบบรูปทรงกลมที่ทุกจุดวางอยู่บนรูปทรงกลมรัศมี $\sqrt{2}$ ดังรูปที่ 6.2 การออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนไม่ได้รวมเอาจุดใดๆ ที่เป็นจุดยอดของรูปลูกบาศก์ที่สร้างขึ้นจากขีดจำกัดบนและล่างของแต่ละตัวแปรเอาไว้ การ

กระทำนี้เป็นประโยชน์อย่างมากเมื่อจุดที่อยู่บนมุมของลูกบาศก์ คือการรวมของปัจจัยระดับ (Factor-Level Combination) ที่แพงมากหรือเป็นไปไม่ได้ที่จะทำการทดลองเนื่องจากข้อจำกัดด้านกายภาพของกระบวนการ



รูปที่ 6.2 การออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนสำหรับ 3 ตัวแปร

เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดทางด้านการออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) ที่จะต้องทำการทดลองเพิ่มในแนวแกนหรือการทดลองที่ต้องตั้งค่าปัจจัยออกนอกช่วงการตั้งค่าต่ำสุดหรือสูงสุดในปัจจุบัน ซึ่งการตั้งค่าดังกล่าวนั้นจะส่งผลกระทบต่อ คุณภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก กระบวนการผลิต และผลิตภาพการผลิตดังตารางที่ 6.1

Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1 แสดงผลกระทบของการตั้งค่าปัจจัยที่ออกนอกการตั้งค่าในปัจจุบัน

ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบจากการตั้งค่าออกนอกการตั้งค่าในปัจจุบัน	
	ต่ำกว่าการตั้งค่าในปัจจุบัน	สูงกว่าการตั้งค่าในปัจจุบัน
อัตราการป้อนวัตถุดิบ	ผลิตภาพต่ำเกินไป	มีปริมาณเส้นพลาสติกออกไปมากจนทำให้เม็ดพลาสติกที่กระบวนการตีเม็ดพลาสติกเกิดความร้อนสูง และเสื่อมสภาพ
ความเร็วในการนวด	เส้นพลาสติกแข็งและตันอยู่ในเครื่องนวดจนไม่สามารถทำการผลิตต่อได้	เส้นพลาสติกเหลวเกินไปจนไหลแทรกออกจากร่องสกรู เกิดเป็นเส้นพลาสติกขนาดใหญ่กว่าปกติ
อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	เกิดเป็นฝุ่นผงพลาสติก เนื่องจากผงพลาสติกมีอุณหภูมิต่ำทำให้ไม่เกิดการหลอมในเครื่องนวด	เส้นพลาสติกเกิดความร้อนสูง ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านอัตราการไหลที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

ดังนั้นทางคณะทำงานจึงได้เลือกรูปแบบการทดลองเป็นการออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน เนื่องจากไม่มีข้อกำจัดทางด้านการทำการทดลองเหมือนกับการออกแบบส่วนประสมกลาง และยังสามารถช่วยให้สามารถหาค่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าที่ให้ค่าจุดสีมีค่าน้อยที่สุดได้ และทำให้ข้อบกพร่องทางด้านจุดสีลดลงโดยกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าของการทดลองของเครื่องนวดพลาสติกดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ปัจจัยนำเข้าของการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน

ปัจจัยนำเข้า	สัญลักษณ์	ระดับ			หน่วย
		-1	0	1	
อัตราการป้อนวัตถุดิบ	B	10	25	40	เฮิรตซ์
ความเร็วในการนวด	C	400	800	1200	รอบต่อนาที
อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	D	60	80	100	องศาเซลเซียส

และรูปแบบของตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix) เพื่อหาระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมของการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix) ของการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	B	C	D
11	1	2	1	0	-1	1
6	2	2	1	1	0	-1
15	3	0	1	0	0	0
8	4	2	1	1	0	1
3	5	2	1	-1	1	0
1	6	2	1	-1	-1	0
12	7	2	1	0	1	1
5	8	2	1	-1	0	-1
9	9	2	1	0	-1	-1
10	10	2	1	0	1	-1
2	11	2	1	1	-1	0
13	12	0	1	0	0	0
4	13	2	1	1	1	0
14	14	0	1	0	0	0
7	15	2	1	-1	0	1

6.4 ผลการทดลอง

จากการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าที่ให้ค่าจุดสีมีค่าน้อยที่สุดได้ และทำให้ข้อบกพร่องทางด้านจุดสีลดลง ด้วยการออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) แบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ที่มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 15 การทดลองได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองของการออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน

StdOrder	RunOrder	B	C	D	ค่าคะแนนจุดสี (แต้ม)
11	1	0	-1	1	30
6	2	1	0	-1	55
15	3	0	0	0	30
8	4	1	0	1	65
3	5	-1	1	0	35
1	6	-1	-1	0	5
12	7	0	1	1	70
5	8	-1	0	-1	40
9	9	0	-1	-1	20
10	10	0	1	-1	60
2	11	1	-1	0	15
13	12	0	0	0	30
4	13	1	1	0	55
14	14	0	0	0	35
7	15	-1	0	1	45

6.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

การที่จะทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง จำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากผลของการทดลองก่อน ด้วยการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon ij \sim NID\ (0,\sigma^2)$ หรือไม่ ด้วยการทดสอบสมมติฐานของความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามหลักสมมติฐาน 3 ข้อคือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์และสรุปผล ดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption)

   การพิจารณารูปแบบของการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติกราฟจะเป็นแนวเส้นตรง และเมื่อทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) ค่าของ P-Value จะต้องมากกว่า 0.05

2. การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual)

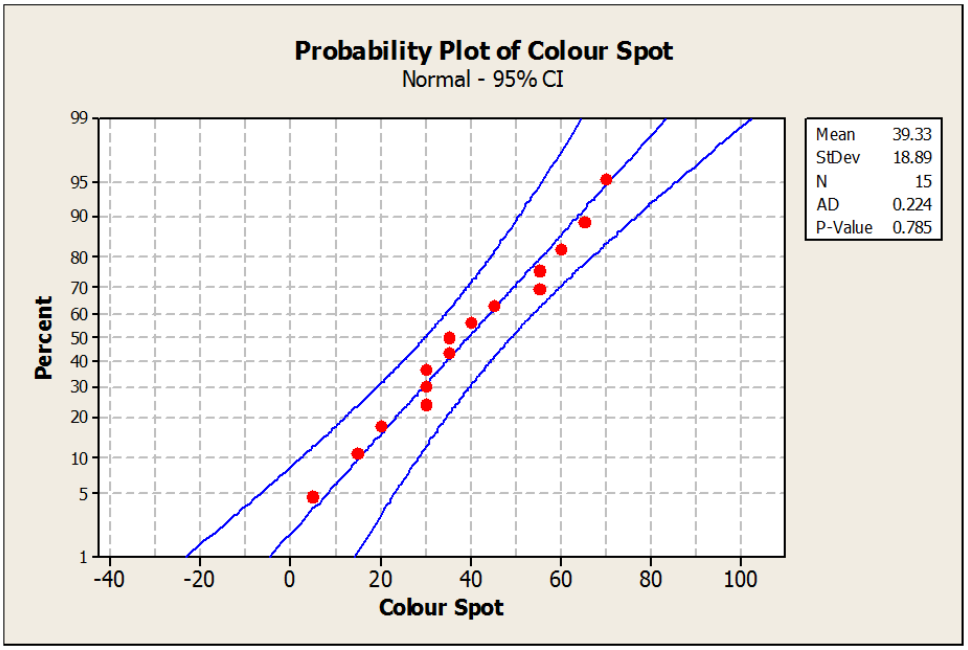
   การพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายตัวของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับของการเก็บข้อมูล โดยการกระจายตัวจะต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีรูปแบบแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน

3. การทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

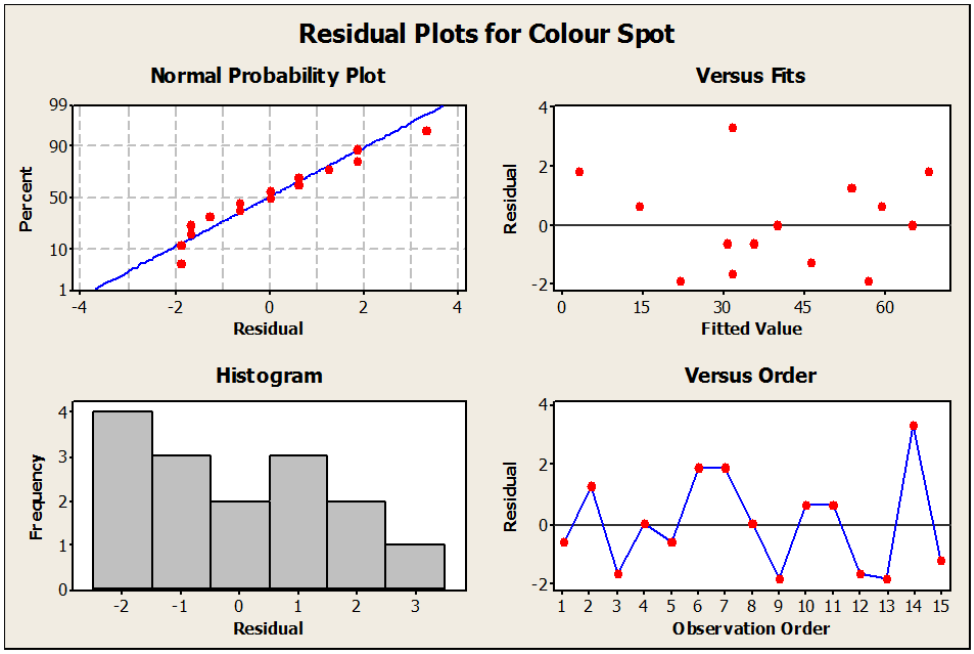
   การพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือรูปกรวยปากเปิด

โดยผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 6.3 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ



รูปที่ 6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี

จากรูปที่ 6.3 พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยค่าส่วนตกค้างของค่าจุดสีมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และให้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.785 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

จากรูปที่ 6.4 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับของการเก็บข้อมูลของจุดสีพบว่าสัดส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีรูปแบบแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอนและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างค่าที่ถูกฟิตของการเก็บข้อมูลของจุดสีพบว่าสัดส่วนตกค้างไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปแบบแนวโน้มหรือรูปกรวยปากเปิด

ดังนั้นผลการตรวจสอบความถูกต้องของการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ คือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนนั่นหมายถึงผลการตรวจสอบความถูกต้องเป็นไปตาม หลักการ $\varepsilon ij \sim NID\ (0,\sigma^2)$ ของการออกแบบการทดลอง จึงสามารถใช้ผลการทดลองนี้ในในหัวข้อต่อไปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 6.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ

Response Surface Regression: Colour Spot versus B, C, D

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Colour Spot

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	31.6667	1.5366	20.608	0.000
B	8.1250	0.9410	8.635	0.000
C	18.7500	0.9410	19.926	0.000
D	4.3750	0.9410	4.649	0.006
B*B	1.0417	1.3851	0.752	0.486
C*C	-5.2083	1.3851	-3.760	0.013
D*D	18.5417	1.3851	13.387	0.000
B*C	2.5000	1.3307	1.879	0.119
B*D	1.2500	1.3307	0.939	0.391
C*D	0.0000	1.3307	0.000	1.000

S = 2.66145 PRESS = 337.5

R-Sq = 99.29% R-Sq(pred) = 93.24% R-Sq(adj) = 98.01%

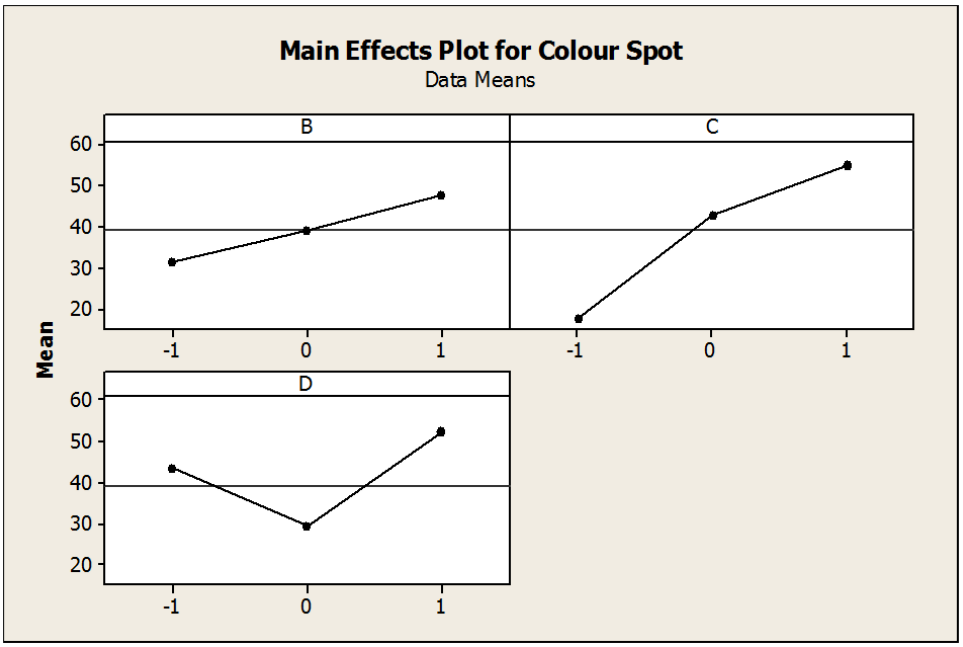
Response Analysis of Variance for Colour Spot

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	4957.92	4957.92	550.88	77.77	0.000
Linear	3	3493.75	3493.75	1164.58	164.41	0.000
B	1	528.13	528.13	528.13	74.56	0.000
C	1	2812.50	2812.50	2812.50	397.06	0.000
D	1	153.13	153.13	153.13	21.62	0.006
Square	3	1432.92	1432.92	477.64	67.43	0.000
B*B	1	0.03	4.01	4.01	0.57	0.486
C*C	1	163.50	100.16	100.16	14.14	0.013
D*D	1	1269.39	1269.39	1269.39	179.21	0.000
Interaction	3	31.25	31.25	10.42	1.47	0.329
B*C	1	25.00	25.00	25.00	3.53	0.119
B*D	1	6.25	6.25	6.25	0.88	0.391
C*D	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000
Residual Error	5	35.42	35.42	7.08		
Lack-of-Fit	3	18.75	18.75	6.25	0.75	0.615
Pure Error	2	16.67	16.67	8.33		
Total	14	4993.33				

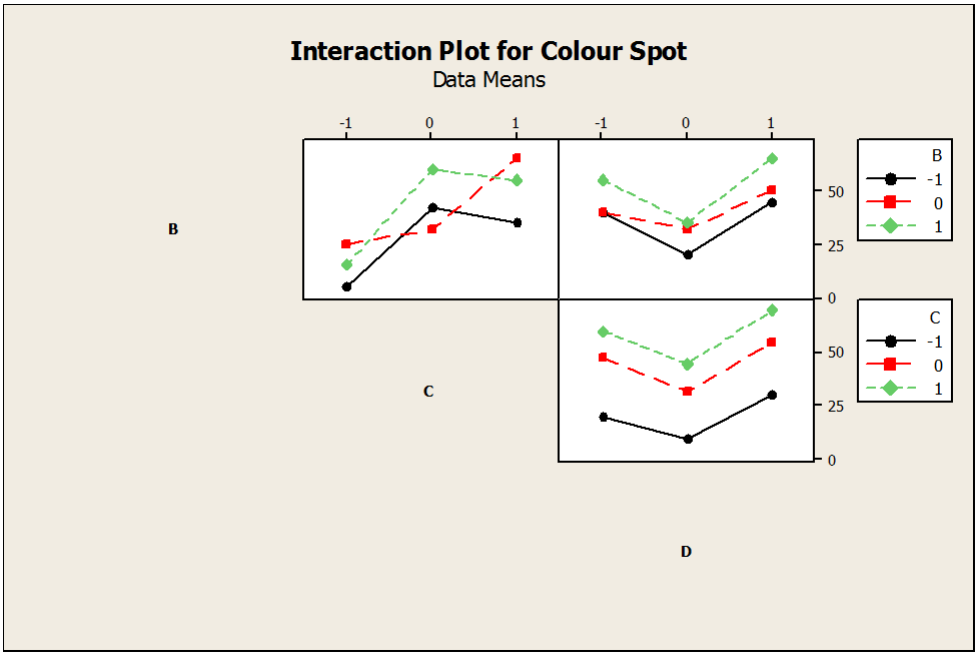
จากตารางที่ 6.5 พบว่าผลการทดลองให้ค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจหรือ R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับร้อยละ 98.01 ซึ่งแสดงถึงตัวแปรอิสระในสมการถดถอยสามารถอธิบายความผันแปรของค่าคะแนนจุดสีได้เท่ากับร้อยละ 98.01 จึงเป็นค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจที่น่าพอใจเนื่องจากมีค่า

มากกว่า ร้อยละ 80 และผลการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าคะแนนจุดสี คือปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) และพจน์กำลังสองปัจจัยนำเข้าความเร็วในการนวด (C*C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D*D)

จากการวิเคราะห์ผลของปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าคะแนนจุดสี สามารถแสดงแผนภาพของปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (Interaction Effect) ดังรูปที่ 6.5 และ 6.6 ดังนี้



รูปที่ 6.5 ผลของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าคะแนนจุดสี



รูปที่ 6.6 ผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคะแนนจุดสี

จากรูปที่ 6.5 พบว่าผลของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าคะแนนจุดสีคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) โดยแต่ละปัจจัยมีผลต่อค่าคะแนนจุดสีดังนี้ อัตราการป้อนวัตถุดิบมีผลต่อค่าคะแนนจุดสี ในแนวเส้นตรง โดยเมื่ออัตราการป้อนวัตถุดิบเปลี่ยนจากระดับ -1 ไประดับ +1 จะส่งผลให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าเพิ่มขึ้นนั่นเป็นเพราะว่าเมื่อ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่สูงขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณของวัตถุดิบในกระบวนการนวดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการนวดของเครื่องนวดพลาสติกต่ำลงทำให้วัตถุดิบผงสีที่ผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกผสมไม่เข้ากันดีพอจนเกิดเป็นจุดสีที่เข้มและมีขนาดใหญ่กว่าปกติจนเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปตรวจสอบโดยขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบเกิดจุดสีบนชิ้นงานที่มีขนาดเกินกว่า 0.05 ตารางมิลลิเมตรจนพนักงานตรวจสอบสามารถให้เป็นค่า คะแนนจุดสีได้ และเมื่อพิจารณา ความเร็วในการนวดพบว่าจะมีผลต่อค่าคะแนนจุดสี ในแนวเส้นโค้งโดยเมื่อความเร็วในการนวดเปลี่ยนจากระดับ -1 ไประดับ 0 จะส่งผลให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วในการนวดเปลี่ยนจากระดับ 0 ไประดับ +1 นั่นเป็นเพราะว่าเมื่อ ความเร็วในการนวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการนวดของเครื่องนวดพลาสติกต่ำลงส่งผลให้วัตถุดิบผงสีที่ผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกผสมเข้ากันไม่ดีพอจนเกิดเป็น

จุดสีที่เข้มและใหญ่ขึ้นและผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ระดับ 0 ส่งผลให้ค่าคะแนนจุดสีน้อยสุด และค่าคะแนนจุดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ระดับ -1 และ +1 นั่นเป็นเพราะว่าเมื่ออุณหภูมิของพลาสติกในเครื่องนวดที่ระดับ -1 จะทำให้ความหนืดของพลาสติกสูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการนวดของเครื่องนวดพลาสติกต่ำลงและในทางเดียวกันเมื่อเมื่ออุณหภูมิของพลาสติกในเครื่องนวดอยู่ที่ระดับ +1 จะทำให้ความหนืดของพลาสติกต่ำลงส่งผลให้ความสามารถในการนวดของเครื่องนวดพลาสติกต่ำลง

จากตารางที่ 6.5 พบว่าผลการทดลองให้ค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจหรือ R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับร้อยละ 98.01 ซึ่งแสดงถึงตัวแปรอิสระในสมการถดถอยสามารถอธิบายความผันแปรของค่าคะแนนจุดสีได้เท่ากับร้อยละ 98.01 จึงเป็นค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจที่น่าพอใจเนื่องจากมีค่ามากกว่า ร้อยละ 80 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้สมการถดถอยนี้ในการพยากรณ์ต่างๆได้และสามารถสร้างสมการทำนายของวิธีพื้นผิวผลตอบดังสมการที่ 6.1

$$\text{ค่าคะแนนจุดสี} = 31.67+8.13(B)+18.75(C)+4.38(D)+18.54(D)^2-5.21(C)^2 \qquad 6.1$$

โดยที่

B คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ

C คือ ความเร็วในการนวด

D คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากนั้นจึงนำสมการถดถอยที่ได้ดังสมการที่ 6.1 มาใช้ในการหาค่าของปัจจัยนำเข้าที่ให้ค่าคะแนนจุดสีต่ำที่สุดด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ดังแสดงในตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ผลการแสดงระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อค่าคะแนนจุดสี

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Colour Spot	Minimum	0	0	50	1	1

Global Solution

B = -1

C = -1

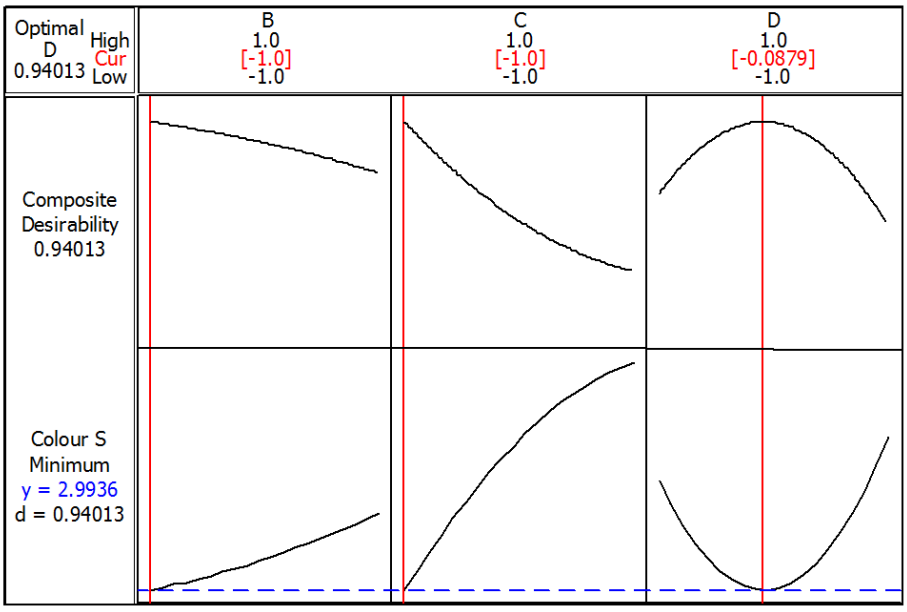
D = -0.0878621

Predicted Responses

Colour Spot = 2.99357 , desirability = 0.940129

Composite Desirability = 0.940129

และสามารถแสดงผลของ Optimization Plot ดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 กราฟแสดงค่าคะแนนจุดสีที่มีค่าต่ำที่สุด

จากตารางที่ 6.6 และรูปที่ 6.7 สามารถสรุปได้ว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดในการปรับตั้งค่าที่อัตราการป้อนวัตถุดิบเท่ากับ -1 ความเร็วในการนวดเท่ากับ -1 และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดเท่ากับ -

0.088 โดยจะให้ค่าคะแนนจุดสีต่ำที่สุดเท่ากับ 2.99335 คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวด (C) ที่ 400 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ที่ 78 องศาเซลเซียส ที่ความพึงพอใจรวมเท่ากับ 0.940133

สามารถสรุปปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการตั้งค่าของเครื่องนวดพลาสติกดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าในการปรับตั้งเครื่องนวดพลาสติก

ปัจจัยนำเข้า	สัญลักษณ์	เงื่อนไขที่เหมาะสม		ค่าปรับตั้งจริง	หน่วย
		ระดับ	ค่าปรับตั้ง		
อัตราการป้อนวัตถุดิบ	B	-1	10	10	เฮิรตซ์
ความเร็วในการนวด	C	-1	400	400	รอบต่อนาที
อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	D	-0.0879	78.3339	78	องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 6.7 เมื่อพิจารณาปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ปัจจัยพบว่าค่าคะแนนจุดสีจะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อตั้งค่า อัตราการป้อนวัตถุดิบ เท่ากับ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวด เท่ากับ 400 รอบต่อนาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด เท่ากับ 78 องศาเซลเซียส เนื่องจากเครื่องทำความร้อนไม่สามารถตั้งค่าเป็นจุดทศนิยมได้

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการหาสมการลดรูปอีกวิธี เพื่อใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ที่มีจำนวนเทอมของปัจจัยที่มีนัยสำคัญเท่านั้น ก็สามารถหาสมการถดถอยด้วยวิธีการของ Stepwise Regression โดยผลของการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยวิธี Stepwise Regression แสดงในตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยวิธี Stepwise Regression

ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์หาสมการถดถอยด้วยวิธี Stepwise Regression

Stepwise Regression: Colour Spot versus B, C, ...

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is Colour Spot on 9 predictors, with N = 15

Step	1	2	3	4	5	6	7
Constant	39.33	39.33	39.33	29.29	29.29	29.29	32.31
B	8.1	8.1			8.1	8.1	8.13
T-Value	1.97	1.96			4.21	5.50	8.20
P-Value	0.075	0.074			0.001	0.000	0.000
C	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.75
T-Value	4.54	4.52	4.09	6.28	9.72	12.69	18.93
P-Value	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
D	4.4					4.4	4.37
T-Value	1.06					2.96	4.42
P-Value	0.312					0.014	0.002
D*D				18.8	18.8	18.8	18.5
T-Value				4.31	6.67	8.71	12.70
P-Value				0.001	0.000	0.000	0.000
C*C							-5.3
T-Value							-3.64
P-Value							0.005
S	11.7	11.7	13.0	8.44	5.46	4.18	2.80
R-Sq	69.97	66.90	56.33	82.86	93.44	96.50	98.58
R-Sq(adj)	61.78	61.39	52.97	80.00	91.65	95.11	97.80
Mallows Cp	204.7	224.3	296.9	111.8	39.3	19.6	7.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6.8 สามารถวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยวิธีการของ Stepwise Regression ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจหรือ R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับร้อยละ 97.80 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่น่าพอใจเนื่องจากมีค่ามากกว่า ร้อยละ 80 จึงสามารถใช้สมการถดถอยนี้ในการพยากรณ์ต่างๆได้และสามารถแสดงผลของสมการได้ดังสมการที่ 6.2

ค่าคะแนนจุดสี = $32.31+8.13(B)+18.75(C)+4.37(D)+18.5(D)^2-5.3(C)^2$

6.2

โดยที่

B คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ

C คือ ความเร็วในการนวด

D คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

6.6 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการนั้นเป็นการนำผลจากการคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อค่าคะแนนจุดสีที่เกิดจากเครื่องนวดพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ ผลจากปัจจัยหลัก (Main Effect) 3 ปัจจัย คืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) และผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (Interaction Effect) อีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD) มาทำการทดลองเพิ่มด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) แบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ซึ่งกำหนดระดับในการทดลองของทั้ง 3 ปัจจัยไว้ที่ปัจจัยละ 3 ระดับเพื่อให้สามารถหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปรับตั้งค่าแต่ละปัจจัยของเครื่องนวดพลาสติกที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองหรือค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุด โดยหลังจากที่ได้ผลการทดลองมาจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากผลของการทดลองก่อน ด้วยการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon ij \sim NID\ (0,\sigma^2)$ หรือไม่ ด้วยการทดสอบสมมติฐานของความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามหลักสมมติฐาน 3 ข้อคือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระของข้อมูล สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน และผลการตรวจสอบความถูกต้องของการเก็บข้อมูลคะแนนจุดสี สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ จึงนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Response Optimization พบว่าระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมต่อค่าคะแนนจุดสีคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวด (C) ที่ 400 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ที่ 78 องศาเซลเซียส และทำให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุดคือ 2.99 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 7

การควบคุมกระบวนการ

7.1 บทนำ

การควบคุมกระบวนการจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการโดยใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า โดยขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นจากการทดลองยืนยันผลการปรับปรุงด้วยการใช้การตั้งค่าปัจจัยที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือนและทำการตรวจสอบว่าค่าสัดส่วนของข้อบกพร่องประเภทจุดสีมีแนวโน้มลดลงหรือไม่ จากนั้นทำการจัดทำแผนภูมิควบคุมโดยเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมเพื่อทำการควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในค่าควบคุม และจัดทำเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องซ้ำอีกและหากพบค่าควบคุมออกนอกแผนภูมิควบคุมให้ทำการดำเนินการตามแผนการแก้ไขที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นทำการประเมินและสรุปผลการปรับปรุงโดยพิจารณาเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในส่วนของสัดส่วนของเสียและมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงที่ได้ดำเนินการไว้

7.2 การทดสอบยืนยันผลการทดลอง

การทดสอบยืนยันผลเป็นการนำค่าปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการมาทำการตั้งค่าปัจจัยนำเข้าในการปรับตั้งเครื่องนวดพลาสติก โดยสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 7.1 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าสำหรับการปรับตั้งเครื่องนวดพลาสติก

ปัจจัยนำเข้า	สัญลักษณ์	ค่าปรับตั้งที่เหมาะสม	หน่วย
อัตราการป้อนวัตถุดิบ	B	10	เฮิรตซ์
ความเร็วในการนวด	C	400	รอบต่อนาที
อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	D	78	องศาเซลเซียส

7.1.1 ขั้นตอนการทำการทดลอง

ทำการทดลองโดยเริ่มต้นจากการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นหัวหน้างานฝ่ายผลิตและพนักงานฝ่ายผลิตประจำเครื่องนวดพลาสติก เพื่อให้ทุกคนได้เข้าใจถึงการปรับตั้งค่าใหม่ที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการ จากนั้นทำการเริ่มต้นการทดลองผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตามการผลิตปกติโดยมีรายละเอียดในการทดสอบยืนยันผลดังนี้

1. ทำความสะอาดเครื่องจักรสำหรับผลิตเม็ดพลาสติก รุ่น AU2020Y โดยทำความสะอาดเครื่องจักรตามขั้นตอนการทำความสะอาด และตรวจเช็คความสะอาดของเครื่องจักรตามการผลิตปกติ
2. ออกเอกสารการเตรียมวัตถุดิบให้พนักงานเตรียมวัตถุดิบทำการจัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเม็ดพลาสติก รุ่น AU2020Y ตามจำนวนที่กำหนด
3. ตรวจรับวัตถุดิบให้ตรงตามชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบโดยทำการตรวจสอบจากเอกสารการเตรียมวัตถุดิบ
4. ทำการเทเม็ดพลาสติกกึ่งสำเร็จรูปลงเครื่องบดและเทสารเติมแต่งลงไปในเครื่องผสมและทิ้งระยะเวลาให้ผงพลาสติกผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับสารเติมแต่ง
5. สุ่มตัวอย่างเพื่อส่งให้กับฝ่ายตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบคุณภาพของผงพลาสติก เมื่อคุณภาพผงพลาสติกผ่านมาตรฐานจึงส่งไปสู่กระบวนการนวดพลาสติก
6. กระบวนการนวดพลาสติก จะทำการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าตามมาตรฐานการปรับตั้งค่าใหม่ที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการตามขั้นตอนดังนี้

6.1 ทำการปรับตั้งค่าของอัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10 เฮิรตซ์ ดังรูปที่ 7.1

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 7.1 การปรับตั้งค่าของอัตราการป้อนวัตถุดิบ

6.2 ทำการปรับตั้งค่าของความเร็วในการนวดที่ 400 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 7.2

รูปที่ 7.2 การปรับตั้งค่าความเร็วในการนวด

6.3 ทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ 78 องศาเซลเซียสดังรูปที่ 7.3

รูปที่ 7.3 การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

เมื่อทำการปรับตั้งค่าตามที่กำหนดแล้ว จึงทำการนวดพลาสติกตามการผลิตปกติโดยระหว่างกระบวนการจะมีพนักงานประจำเครื่องนวดคอยตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องนวดและบันทึกข้อมูลของค่าปรับตั้งตามช่วงเวลาที่กำหนด

7. เมื่อพลาสติกออกจากเครื่องนวดจะเข้าสู่เครื่องตีเม็ดพลาสติกและไหลสู่กระบวนการถัดไป
8. ติดตั้งตะแกรงร่อนขนาดตามมาตรฐานการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y เข้ากับเครื่องคัดขนาดเม็ดพลาสติก

9. หลังจากที่เม็ดพลาสติกผ่านกระบวนการร่อนก็จะลดอุณหภูมิด้วยเครื่องลดอุณหภูมิแบบโรตารี่ (Rotary cooler) จากนั้นเม็ดพลาสติกจะไหลสู่กระบวนการบรรจุต่อไป
10. ทำการตรวจสอบคุณภาพของเม็ดพลาสติกทุกรายการโดยเฉพาะการตรวจสอบคุณภาพเรื่องจุดสีของเม็ดพลาสติก และทำการบันทึกผลการตรวจสอบ
11. ทำการผลิตเม็ดพลาสติกตามการผลิตปกติโดยใช้การตั้งค่านี้ในการผลิตทั้งกะ กลางวัน และ กะกลางคืนเพื่อเป็นการทดสอบยืนยันผลเป็นระยะเวลา 1 เดือน

7.1.2 ผลการทดสอบยืนยันผล

ทำการเก็บข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยมีข้อมูลก่อนปรับปรุงซึ่งเป็นข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2556 และข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีในช่วงการทดสอบยืนยันผลของเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2556 ดังแสดงในตารางที่ 7.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.2 ข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี ของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในช่วงก่อนปรับปรุงจนถึงช่วงการทดสอบยืนยันผล

ระยะ	เดือน	ปี	ปริมาณการผลิต (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	สัดส่วนของเสีย (%)
ก่อนการปรับปรุง	ตุลาคม	2555	89,755	1,600	1.78
	พฤศจิกายน	2555	95,000	2,625	2.76
	ธันวาคม	2555	110,000	4,960	4.51
	มกราคม	2555	170,000	7,665	4.51
	กุมภาพันธ์	2556	180,000	7,555	4.20
	มีนาคม	2556	250,000	12,345	4.94
	เมษายน	2556	150,000	7,815	5.21
	พฤษภาคม	2556	140,000	6,875	4.91
	มิถุนายน	2556	160,000	7,250	4.53
	กรกฎาคม	2556	175,000	8,355	4.77
	สิงหาคม	2556	160,000	7,200	4.50
	กันยายน	2556	180,000	8,930	4.96
	รวม		1,859,755	83,175	4.47
ทดสอบยืนยันผล	ตุลาคม	2556	170,000	860	0.51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ผลและสรุปการทดสอบยืนยันผล

จากตารางที่ 7.2 เป็นข้อมูลของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี ของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในช่วงก่อนปรับปรุงจนถึงช่วงการทดสอบยืนยันผล โดยข้อมูลสรุปสัดส่วนของเสียรวมก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 4.47 และเมื่อทำการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าตามมาตรฐานการปรับตั้งค่าใหม่ คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวดที่ 400 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ 78 องศาเซลเซียส ทำให้ได้สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีเท่ากับร้อยละ 0.51 นั่นหมายความว่าการปรับปรุงกระบวนการนั้นสามารถลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีได้และมีสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงที่ลดลงจากร้อยละ 4.47 เป็นร้อยละ 0.51 ในช่วงการทดสอบยืนยันผลโดยคิดเป็นร้อยละที่ลดลงเท่ากับ 88.68 สรุปได้ว่าการปรับตั้งปัจจัยนำเข้าตามมาตรฐานการปรับตั้งค่าใหม่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้จริง

7.3 การตรวจติดตามควบคุม

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจติดตามควบคุมเพื่อให้ค่าปรับตั้งปัจจัยนำเข้าของกระบวนการนวดพลาสติกเป็นไปตามมาตรฐานการตั้งค่าใหม่ที่กำหนด โดยจะทำการกำหนดความถี่ในการตรวจสอบและผู้รับผิดชอบไว้ในเอกสารการปฏิบัติงานที่เครื่องนวดพลาสติกและกำหนดให้พนักงานทำการตรวจสอบค่าที่ปรับตั้งตามความถี่ที่กำหนดคือ 1 ครั้งต่อชั่วโมง และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานทุกครั้ง โดยจะทำการระบุค่าการปรับตั้งใหม่ไว้ในเอกสารการผลิตงานสำหรับผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ดังนี้ อัตราการป้อนวัตถุดิบที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวดที่ 400 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ 78 องศาเซลเซียส โดยมีรายละเอียดของเอกสารการปฏิบัติงานและลงบันทึกค่าปรับตั้งของปัจจัยนำเข้าดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 เอกสารการปฏิบัติงานที่เครื่องนวดพลาสติกในการบันทึกค่าปรับตั้งของปัจจัยนำเข้า

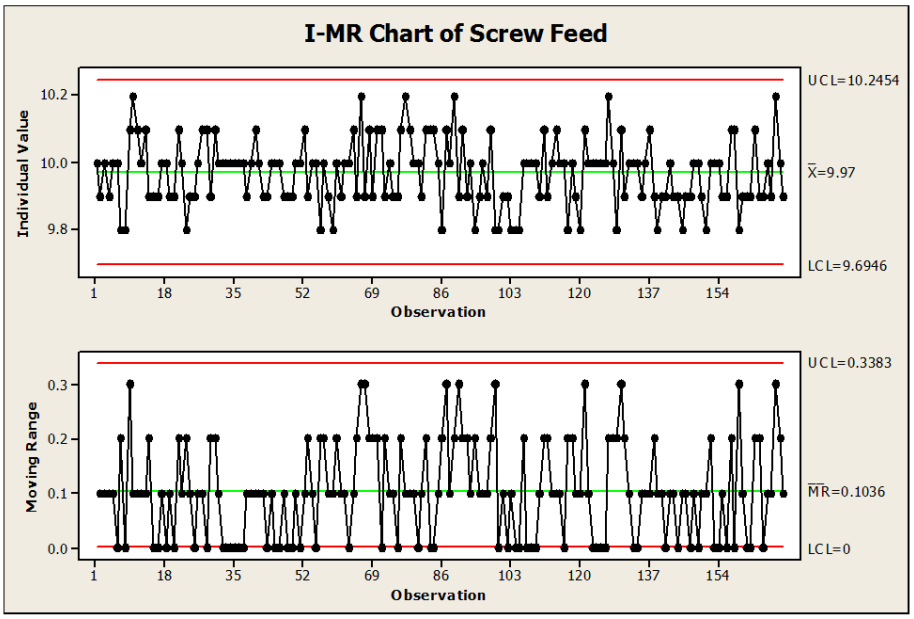
KNEADING M/C CHECK SHEET				WORKING DATE	APPROVED BY	CHECKED BY	PREPARED BY
MACHINE NO.	M -21						
OPERATION TIME				0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12			
OPERATION CODE							
PRODUCT MODEL	AU2020Y						
LOT NO.							
PAPER BAG NO.							
	Condition	STD.	Setting	1 Time / hr.			
Kneading Machine	Screw Hopper Feeding Scale (Hz)	10-40	10	1 Time / hr.			
	Main Motor Revolution (rpm)	400-1,200	400	1 Time / hr.			
	Hot Water Temp (°C)	60-100	78	1 Time / hr.			
	ตรวจสอบลักษณะ Warm ที่ออกจาก Kneading Machine			Start และ 1 Time / hr.			
	ตรวจสอบลักษณะ Warm กรณีเปลี่ยนแปลง Condition			15 นาทีแรก			
	ตรวจสอบ Cover ด้านล่าง			1 Time / Shift			
	ตรวจสอบแรงลมเฉพาะ M-212 (ควบคุมที่ 4 kg/cm^2)			1 Time / hr.			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.4 แผนการควบคุม

จากผลการปรับปรุงกระบวนการที่จะให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าน้อยที่สุดเมื่อทำการปรับตั้งค่าปัจจัยให้เหมาะสมดังนั้นจึงได้ทำการเลือกใช้แผนภูมิควบคุม I-MR ในการควบคุมค่าปรับตั้งของแต่ละปัจจัย เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายอีกทั้งยังเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถดูแนวโน้มของข้อมูลได้อีกด้วย โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังนี้

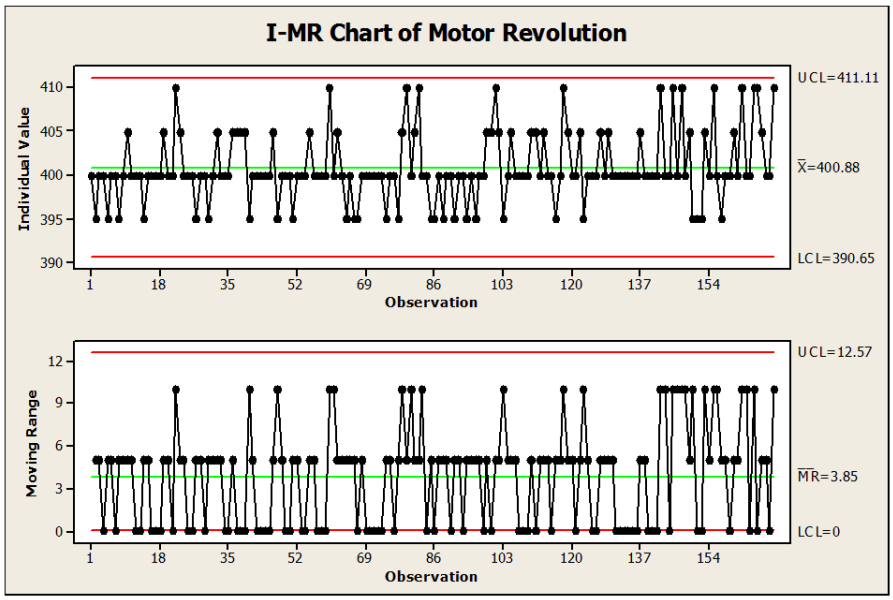
7.4.1 อัตราการป้อนวัตถุดิบ ที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าน้อยที่สุด คือ 10 เฮิรตซ์ ซึ่งอัตราการป้อนวัตถุดิบนั้นสามารถปรับตั้งค่าได้ที่เครื่องนวดซึ่งจะสามารถตั้งค่าได้เป็นตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล โดยบางครั้งค่าปรับตั้งอาจไม่เท่ากับค่าจริงได้ จึงได้ใช้แผนภูมิควบคุมในการตอดตามค่าค่าจริงที่เกิดขึ้นโดยให้พนักงานทำการตรวจสอบค่าอัตราการป้อนวัตถุดิบที่เกิดขึ้นจริงตามความถี่ที่กำหนดไว้คือ 1 ครั้งต่อชั่วโมง และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 เดือนและได้ผลการตรวจสอบดังนี้



รูปที่ 7.4 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอัตราการป้อนวัตถุดิบ

จากรูปที่ 7.4 พบว่าค่าของอัตราการป้อนวัตถุดิบนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.97 เฮิรตซ์ โดยมีขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 9.69 เฮิรตซ์ และมีขอบเขตควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 10.25 เฮิรตซ์ และค่าอัตราการป้อนวัตถุดิบที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

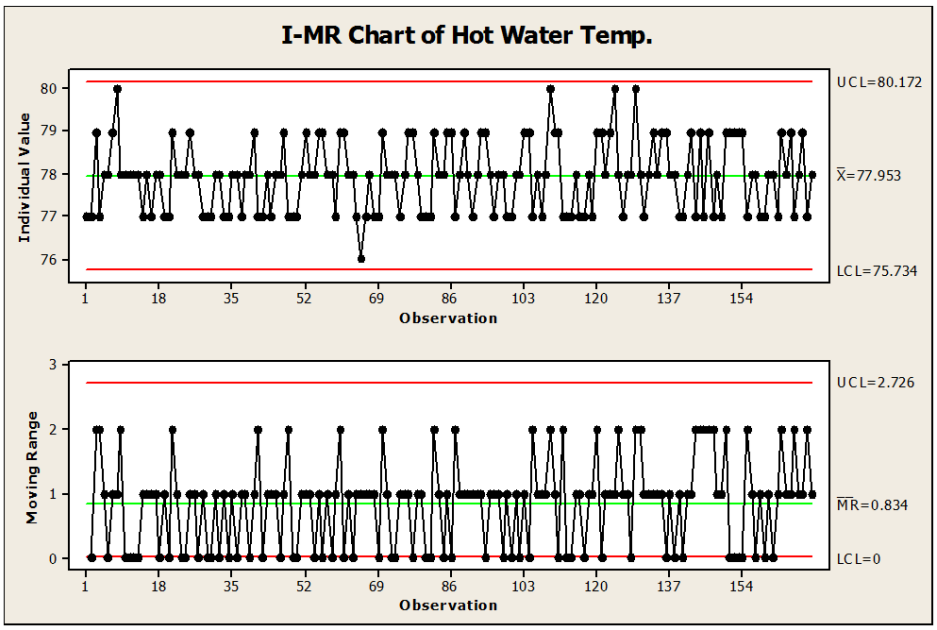
7.4.2 ความเร็วในการนวด ที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าน้อยที่สุด คือ 400 รอบต่อนาที ซึ่งความเร็วในการนวด นั้นสามารถปรับตั้งค่าได้ที่เครื่องนวดซึ่งจะสามารถตั้งค่าได้เป็นตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล โดยบางครั้งค่าปรับตั้งอาจไม่เท่ากับค่าจริงได้จึงได้ใช้แผนภูมิควบคุมในการตอดตามค่าค่าจริงที่เกิดขึ้นโดยให้พนักงานทำการตรวจสอบค่าความเร็วในการนวด ที่เกิดขึ้นจริงตามความถี่ที่กำหนดไว้คือ 1 ครั้งต่อชั่วโมง และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 เดือนและได้ผลการตรวจสอบดังนี้



รูปที่ 7.5 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยความเร็วในการนวด

จากรูปที่ 7.5 พบว่าค่าของความเร็วในการนวดนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 400.88 รอบต่อนาที โดยมีขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 390.65 รอบต่อนาที และมีขอบเขตควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 411.11 รอบต่อนาที และค่าความเร็วในการนวดที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

7.4.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด ที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าน้อยที่สุด คือ 78 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด นั้นสามารถปรับตั้งค่าได้ที่เครื่องนวดซึ่งจะสามารถตั้งค่าได้เป็นตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล โดยบางครั้งค่าปรับตั้งอาจไม่เท่ากับค่าจริงได้จึงได้ใช้แผนภูมิควบคุมในการตอดตามค่าค่าจริงที่เกิดขึ้นโดยให้พนักงานทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด ที่เกิดขึ้นจริงตามความถี่ที่กำหนดไว้คือ 1 ครั้งต่อชั่วโมง และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานทุกครั้งที่ทำการตรวจสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 เดือนและได้ผลการตรวจสอบดังนี้



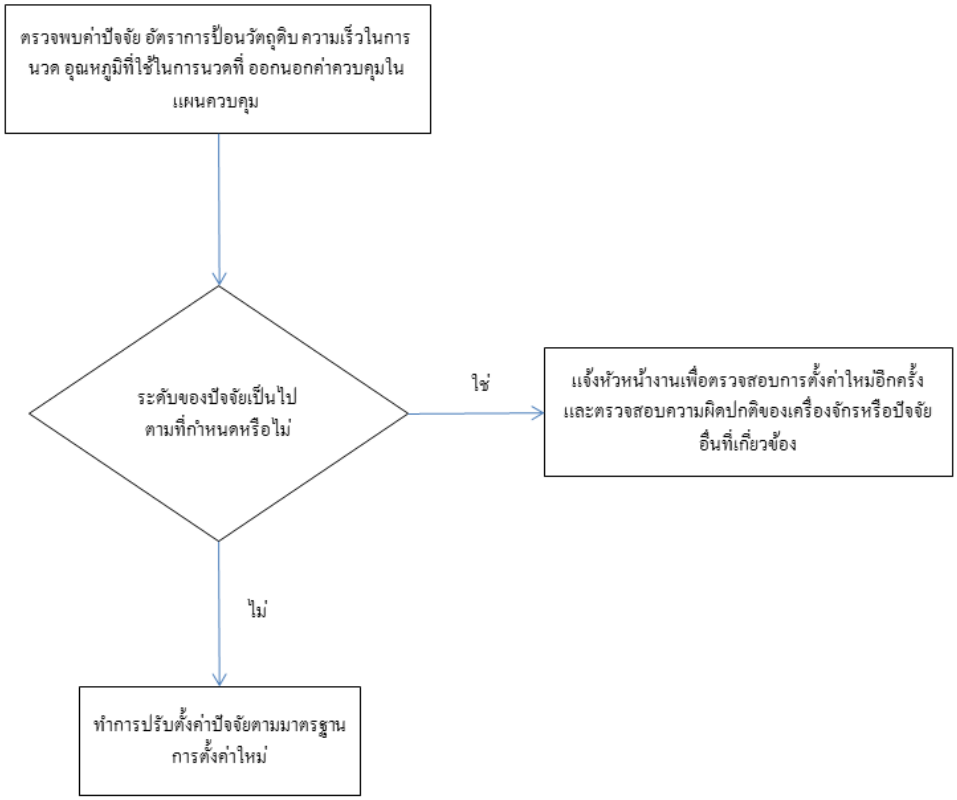
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 7.6 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

จากรูปที่ 7.6 พบว่าค่าของอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.95 องศาเซลเซียสโดยมีขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 75.73 องศาเซลเซียสและมีขอบเขตควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 80.17 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

7.5 แผนการปฏิบัติงานเมื่อพบค่าปรับตั้งของปัจจัยออกนอกค่าควบคุม

หากพบว่ามีค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญออกนอกแผนภูมิควบคุมจะต้องปฏิบัติตามแผนปฏิบัติการแก้ไขดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 แผนปฏิบัติการแก้ไขเมื่อพบว่ามีค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญออกนอกแผนภูมิควบคุม

และจัดทำแผนควบคุมของกระบวนการนวดพลาสติกสำหรับควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญดังตารางที่ 7.4

ดังตารางที่ 7.4 แผนควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการนวดพลาสติก

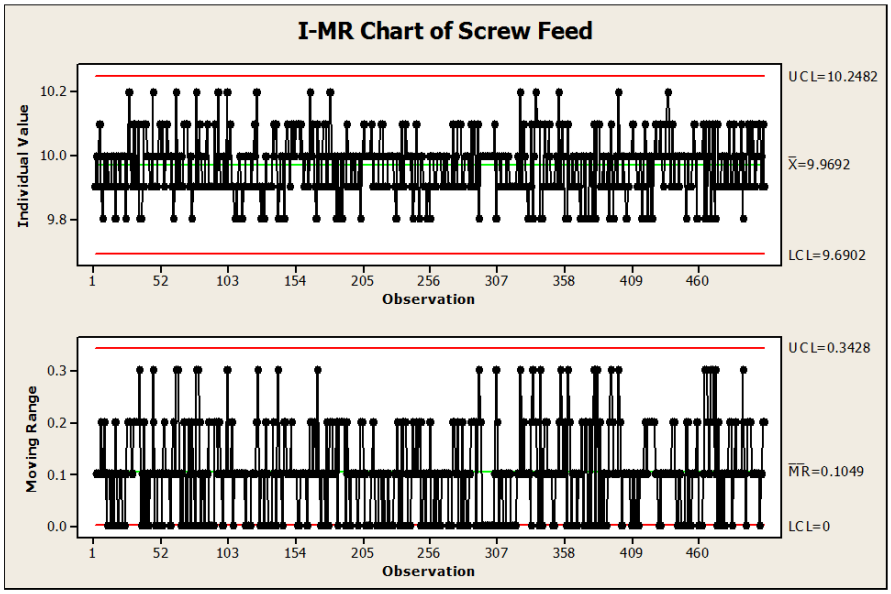
ลำดับ	ปัจจัย	วิธีการ			เครื่องมือ	ผู้รับผิดชอบ	เอกสารการบันทึกผล	การแก้ไข
		มาตรฐาน	หน่วย	ความถี่				
1	อัตราการป้อนวัตถุดิบ	10	เฮิรตซ์	ทุก 1 ชม.	แผนภูมิ I-MR	พนักงานประจำเครื่อง	เอกสารการปฏิบัติงานที่เครื่องนวดพลาสติก	แจ้งหัวหน้างานเพื่อตรวจสอบการตั้งค่าใหม่ หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง
2	ความเร็วในการนวด	400	รอบต่อนาที	ทุก 1 ชม.				
3	อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด	78	องศาเซลเซียส	ทุก 1 ชม.				

7.6 ข้อมูลหลังการปรับปรุง

หลังจากที่ได้ค่าปรับตั้งของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญจากขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการแล้ว ทำการทดสอบยืนยันผลการทดลองในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 จนเป็นที่มั่นใจว่าค่าปรับตั้งดังกล่าวสามารถช่วยลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีของผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y ของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกได้ ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษา จึงกำหนดให้ค่าปรับตั้งดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐานการตั้งค่าในกระบวนการนวดพลาสติกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2556 เป็นต้นมา และผลของการเก็บข้อมูลปัจจัยนำเข้า ตัวแปรตอบสนองและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในเดือนตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2556 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2557 มีดังนี้

7.6.1 ผลการควบคุมอัตราการป้อนวัตถุดิบ

จากการตรวจสอบผลของอัตราการป้อนวัตถุดิบของพนักงาน และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานได้ผลการตรวจสอบดังนี้

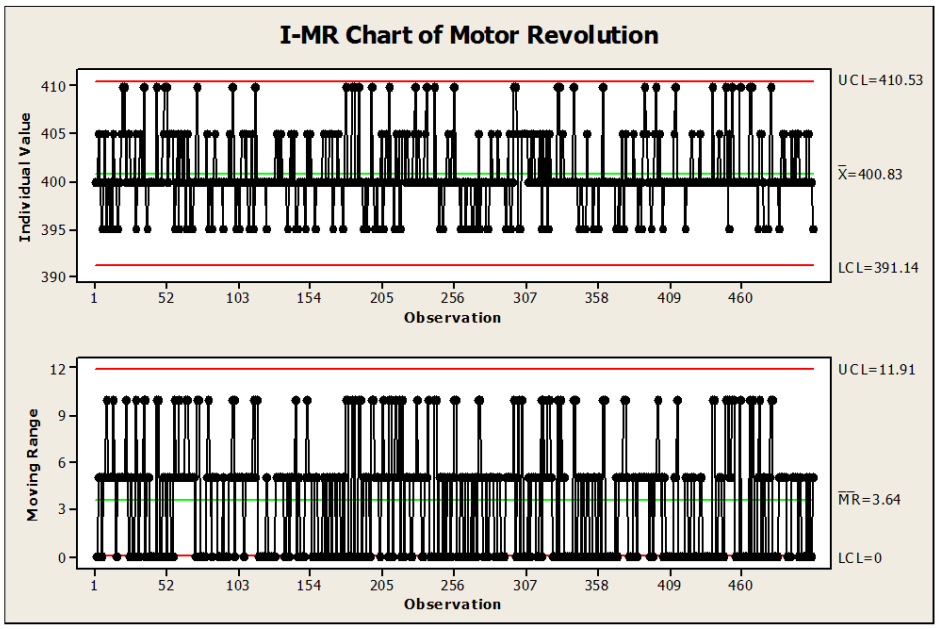


รูปที่ 7.8 แผนภูมิควบคุมของอัตราการป้อนวัตถุดิบ

จากรูปที่ 7.8 พบว่าค่าของอัตราการป้อนวัตถุดิบนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.97 เฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ 10 เฮิรตซ์ และค่าอัตราการป้อนวัตถุดิบที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

7.6.2 ผลการควบคุมความเร็วในการนวด

จากการตรวจสอบผลของความเร็วในการนวดของพนักงาน และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานได้ผลการตรวจสอบดังนี้

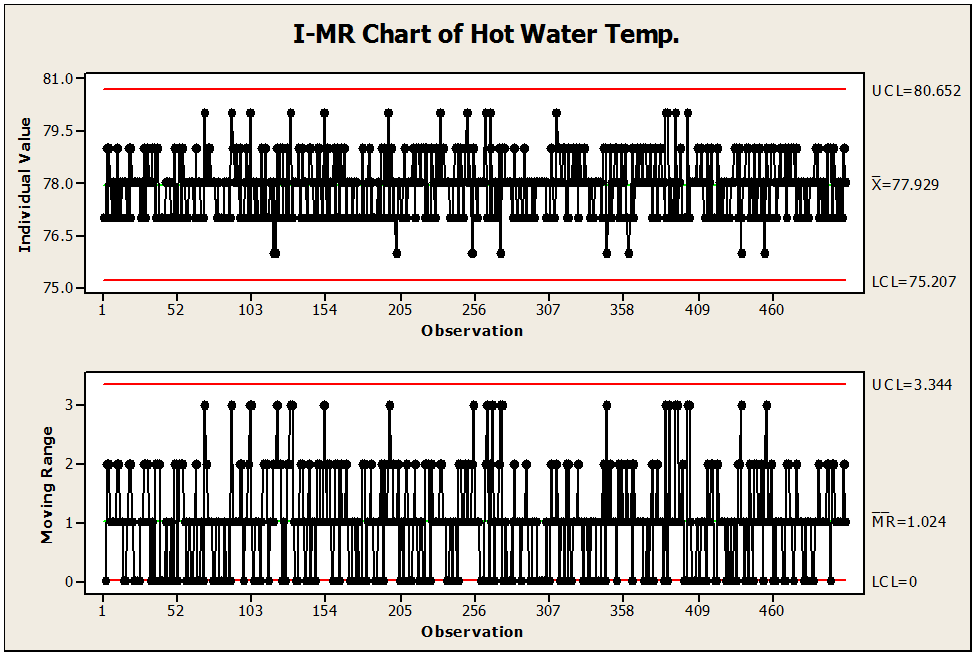


รูปที่ 7.9 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยความเร็วในการนวด

จากรูปที่ 7.9 พบว่าค่าของความเร็วในการนวดนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 400.83 รอบต่อนาทีซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ 400 รอบต่อนาทีและค่าความเร็วในการนวดที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

7.6.3 ผลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

จากการตรวจสอบผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดของพนักงาน และลงบันทึกไว้ในเอกสารปฏิบัติงานได้ผลการตรวจสอบดังนี้

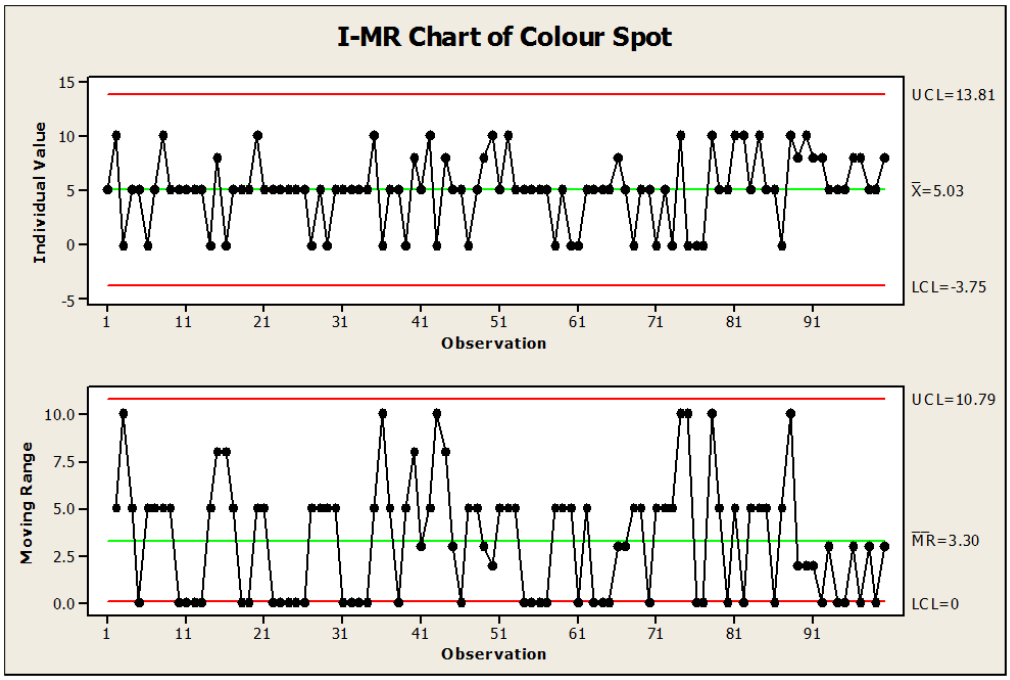


รูปที่ 7.10 แผนภูมิควบคุมของปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด

จากรูปที่ 7.10 พบว่าค่าของอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.93 องศาเซลเซียสซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ 78 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่เกิดขึ้นมีความผันแปรอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือเป็นปกติ

7.6.4 ผลการควบคุมค่าตัวแปรตอบสนอง

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเม็ดพลาสติกเพื่อนำผลของค่าตัวแปรตอบสนองมาติดตามควบคุมด้วยแผนภูมิ I-MR โดยมีการสุ่มเก็บตัวอย่าง เป็นจำนวนทั้งสิ้น 100 ตัวอย่างและจัดทำเป็นแผนภูมิ I-MR ดังแสดงในรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 แผนภูมิ I-MR แสดงผลของค่าคะแนนจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 7.11 พบว่าค่าคะแนนจุดสีของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.03 แต้มซึ่งมีค่าแตกต่างกับค่าคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์จาก Response Optimizer ที่ให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุดที่ 2.99 แต้ม ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผลมีค่าแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

โดยการตั้งสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐานหลัก H_0: $\mu=2.99$

สมมุติฐานรอง H_1: $\mu \neq 2.99$

โดยที่ μ = ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากการเก็บข้อมูลยืนยันผล

2.99 = ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer

เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ผลการทดลองดังตารางที่7.5

ตารางที่7.5 ผลการทดสอบสมมติฐาน One Sample T-Test ค่าคะแนนจุดสี

One-Sample T: Colour Spot

Test of mu = 2.99 vs not = 2.99

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Colour Spot	100	5.030	3.096	0.310	(4.416, 5.644)	6.59	0.000

จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer ที่ให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุดที่ 2.99 แต้ม เนื่องจากค่า P-Value ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.0005 มีค่าต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธสมมุติฐานหลัก และสรุปว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากกลุ่มตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

ทั้งนี้เป็นเพราะว่าค่าของคะแนนจุดสีจากกลุ่มตัวอย่างของทางโรงงานกรณีศึกษานั้นมีเกณฑ์ในการให้คะแนนตามขนาดของจุดเป็นช่วงตามขนาดของจุดสีที่พบดังตารางที่ 7.6

Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.6 ตัวอย่างเกณฑ์มาตรฐานของการให้คะแนนจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

ลำดับ	ขนาดของจุดสี (ตารางมิลลิเมตร)	คะแนน (แต้ม) ต่อ 1 จุดที่พบ
1	< 0.05	0
2	0.05	5
3	0.05 ≤ 0.08	8
4	0.08 ≤ 0.10	10
5	0.10 ≤ 0.20	20

จากตารางจะเห็นได้ว่าคะแนนของจุดสีที่บริษัทกรณีศึกษาใช้จะเป็นค่าที่สอดคล้องกับขนาดของจุดสีที่มีค่าสูงสุดในช่วง ดังนั้นหากเกณฑ์การให้คะแนนจุดสีของบริษัทกรณีศึกษามีค่าละเอียดมากพออาจทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากกลุ่มตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer มีค่าไม่ต่างกันก็เป็นได้

จากการที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากกลุ่มตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย มีค่าแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผลมีค่าแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงมีค่า อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่โดยการทดสอบสมมติฐาน Two sample T-Test ดังนี้

1. ทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร (Test Variance)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำผลการตัดสินใจที่ได้ไปใช้ในการเลือก “Assume equal variance” หรือไม่ ก่อนที่จะทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของสองประชากร Two sample T-Test ของข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน (Sample not related)

โดยการตั้งสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐานหลัก H_0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

สมมุติฐานรอง H_1: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

โดยที่ σ_1^2 : ค่าความแปรปรวนของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุง

σ_2^2 : ค่าความแปรปรวนของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.7 สมมติฐานการเท่ากันของความแปรปรวนของคะแนนจุดสี

Test and CI for Two Variances: Before, After

Method

Null hypothesis Sigma(Before) / Sigma(After) = 1
Alternative hypothesis Sigma(Before) / Sigma(After) not = 1
Significance level Alpha = 0.05

Statistics

Variable	N	StDev	Variance
Before	100	5.284	27.925
After	100	3.096	9.585

Ratio of standard deviations = 1.707
Ratio of variances = 2.913

95% Confidence Intervals

Distribution of Data	CI for StDev Ratio	CI for Variance Ratio
Normal	(1.400, 2.081)	(1.960, 4.330)
Continuous	(1.555, 2.723)	(2.417, 7.417)

Tests

			Test	
Method	DF1	DF2	Statistic	P-Value
F Test (normal)	99	99	2.91	0.000
Levene's Test (any continuous)	1	198	26.94	0.000

ผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนจุดสีของการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 5.284 และมี ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 27.925 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนจุดสีของการเก็บข้อมูลยืนยันผลมีค่าเท่ากับ 3.096 และมี ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9.585 และค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.0005 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่า ค่าความแปรปรวนของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงแตกต่างจากค่าความแปรปรวนของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผล อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงไม่เลือก“Assume equal variance” ในการทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของสองประชากร Two sample T-Test

2. ทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของสองประชากร โดยการตั้งสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐานหลัก H_0: $\mu_1 = \mu_2$

สมมุติฐานรอง H_1: $\mu_1 > \mu_2$

โดยที่ μ_1 = ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากการเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุง

μ_2 = ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีจากการเก็บข้อมูลยืนยันผล

ตารางที่ 7.8 ผลการทดสอบสมมติฐาน Two sample T-Test ค่าคะแนนจุดสี

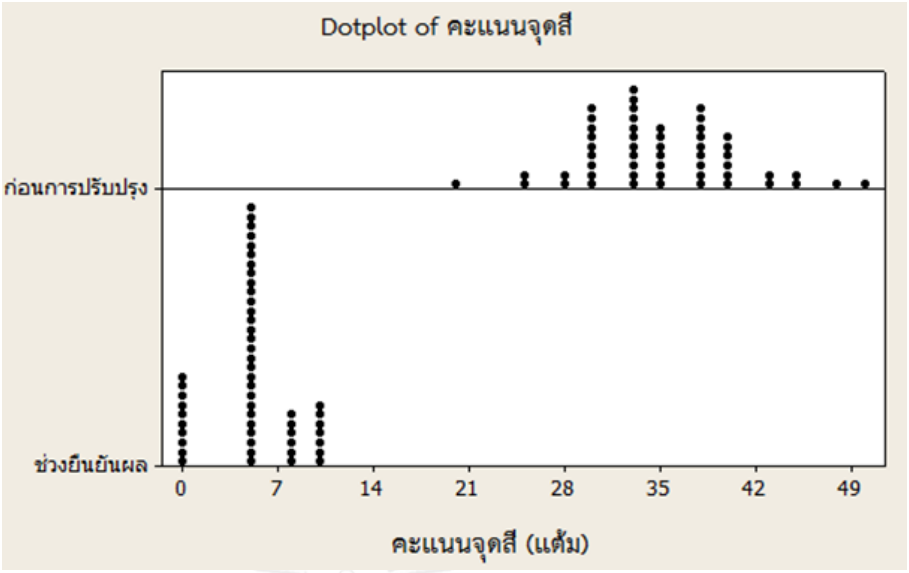
Two-Sample T-Test and CI: Before, After

Two-sample T for Before vs After

	N	Mean	StDev	SE Mean
Before	100	35.12	5.28	0.53
After	100	5.03	3.10	0.31

Difference = mu (Before) - mu (After)
Estimate for difference: 30.090
95% lower bound for difference: 29.077
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 49.13 P-Value = 0.000 DF = 159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 7.12 แผนภาพ Dot plot แสดงค่าจุดสี

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 7.8 และ รูปที่ 7.12 พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 35.12 แต้มมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.28 และมีค่า SE Mean เท่ากับ 0.53 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีช่วงยืนยันผลมีค่าเท่ากับ 5.03 แต้มมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.10 และมีค่า SE Mean เท่ากับ 0.31 โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างของคะแนนจุดสีก่อนปรับปรุงมีค่าอยู่ระหว่าง 20 แต้มถึง 50 แต้ม และมีค่ามากกว่ากลุ่มตัวอย่างของคะแนนจุดสีช่วงยืนยันผลที่มีการกระจายของค่าจุดสีอยู่ระหว่าง 0 ถึง 15 แต้ม และให้ค่า Estimate for difference เท่ากับ 30.09 และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า lower bound for difference เท่ากับ 29.077 และค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.0005 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีก่อนการปรับปรุง แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีช่วงยืนยันผล อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นหมายความว่า แม้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผล จะมีค่าแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer แต่ค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผลมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงมาก จึงทำให้ทางบริษัทกรณีศึกษาสามารถนำการกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าของกระบวนการผลิตได้อย่างเหมาะสม

ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยจึงเสนอว่าในอนาคตทางบริษัทกรณีศึกษาควรปรับปรุงความละเอียดของเกณฑ์มาตรฐานของการให้คะแนนจุดสี มีค่าละเอียดถึงระดับของจำนวนนับแล้วจึงทำการทดสอบสมมติฐานใหม่อีกครั้ง ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลยืนยันผลมีค่าแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดสีที่ได้จากการพยากรณ์โดย Response Optimizer อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 7.11 พบว่าค่าคะแนนจุดสีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.03 แต้ม โดยมีขอบเขตควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 แต้ม และมีขอบเขตควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 13.81 แต้ม สามารถสรุปได้ว่าไม่พบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกที่ส่งผลกระทบกับค่าคะแนนจุดสี โดยค่าคะแนนจุดสีอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ จึงทำให้ผลของค่าคะแนนจุดสีหลังการปรับปรุงกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้จากการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสม นั่นแสดงว่า การควบคุมกระบวนการและการกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y นั้นมีความเหมาะสม

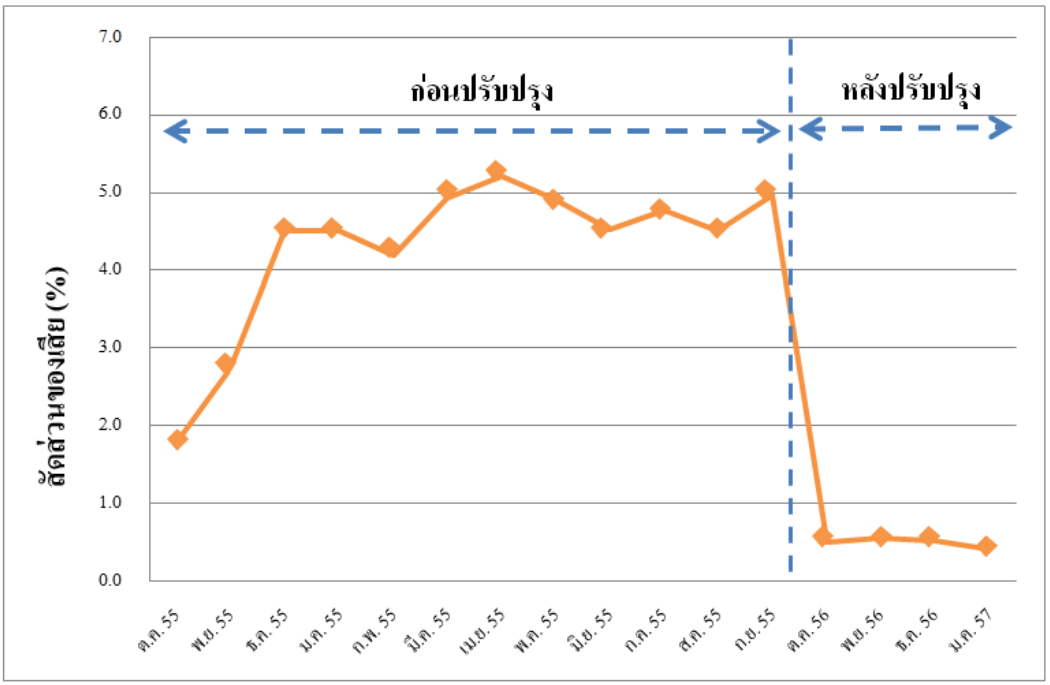
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.6.5 **สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง**

ข้อมูลสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตั้งแต่ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแสดงในตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.9 ข้อมูลยอดการผลิต ปริมาณของเสียและสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 จนถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2557

ระยะ	เดือน	ปี	ปริมาณการผลิต (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	สัดส่วนของเสีย (%)
ก่อนการปรับปรุง	ตุลาคม	2555	89,755	1,600	1.78
	พฤศจิกายน	2555	95,000	2,625	2.76
	ธันวาคม	2555	110,000	4,960	4.51
	มกราคม	2555	170,000	7,665	4.51
	กุมภาพันธ์	2556	180,000	7,555	4.20
	มีนาคม	2556	250,000	12,345	4.94
	เมษายน	2556	150,000	7,815	5.21
	พฤษภาคม	2556	140,000	6,875	4.91
	มิถุนายน	2556	160,000	7,250	4.53
	กรกฎาคม	2556	175,000	8,355	4.77
	สิงหาคม	2556	160,000	7,200	4.50
	กันยายน	2556	180,000	8,930	4.96
	รวม		1,859,755	83,175	4.47
ทดสอบยืนยันผล	ตุลาคม	2556	170,000	860	0.51
หลังการปรับปรุง	พฤศจิกายน	2556	190,000	1,050	0.55
	ธันวาคม	2556	170,000	895	0.53
	มกราคม	2557	160,000	675	0.42



รูปที่ 7.13 กราฟสัดส่วนของเสียของประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y

ตารางที่ 7.10 เปรียบเทียบข้อมูลยอดการผลิต ปริมาณของเสียและสัดส่วนของเสียที่ระยะต่างๆ

ระยะ	ปริมาณการผลิต (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	สัดส่วนของเสีย (%)
ก่อนการปรับปรุง	1,859,755	83,175	4.47
ทดสอบยืนยันผล	170,000	860	0.51
หลังการปรับปรุง	520,000	2,620	0.50

จากข้อมูลตารางที่ 7.6 รูปที่ 7.12 และตารางที่ 7.7 พบว่าสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 จนถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.47 และสัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 จนถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2557 มีค่าลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.50 และคิดเป็นสัดส่วนของเสียที่ลดลงได้เท่ากับร้อยละ 88.81

7.6.6 **มูลค่าความสูญเสียหลังการปรับปรุง**

จากข้อมูลของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Yสามารถนำมาคำนวณเป็นมูลค่าความสูญเสียได้จาก

มูลค่าความสูญเสีย = จำนวนของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้น (กก./เดือน) X ค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสีย (บาท/กก.)

โดยที่ค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีมีค่าเท่ากับ 21.5 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้นจึงทำการคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะลดลงได้จากการพยากรณ์ปริมาณการผลิตที่เกิดขึ้นในอนาคตของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยสรุปได้ดังตารางที่ 7.7 ดังนี้

ตารางที่ 7.11 มูลค่าความสูญเสียคาดว่าจะลดลงได้จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y

ค่าพยากรณ์ปริมาณการผลิต	จำนวนของเสีย		มูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะลดลงได้	
	คาดว่าจะเกิดขึ้น	ที่คาดว่าจะลดลง		
เฉลี่ย (กก./เดือน)	เฉลี่ย (กก./เดือน)	เฉลี่ย (กก./เดือน)	(บาท/เดือน)	(บาท/ปี)
160,000	7,156	6,355	136,629	1,639,547

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7.8 พบว่ามูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะลดลงได้จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ที่มีการพยากรณ์ปริมาณการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 160,000 กิโลกรัมต่อเดือน และมีจำนวนของเสียที่คาดว่าจะลดลงได้เฉลี่ยเท่ากับ 6,355 กิโลกรัมต่อเดือน อันเนื่องมาจากการปรับตั้งค่าปัจจัยนำเข้าตามมาตรฐานการปรับตั้งค่าใหม่ของ อัตราการป้อนวัตถุดิบ ความเร็วในการนวด และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดที่ จะทำให้มูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ลดลงได้ 136,629 บาทต่อเดือนหรือ 1,639,547 บาทต่อปี

7.7 สรุปผลขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ

ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการนั้นเป็นการกำหนดระดับปัจจัยที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการจากนั้นจึงทำการควบคุมกระบวนการด้วยการประยุกต์ใช้แผนภูมิ I-MR กับการตั้งค่าปัจจัยเพื่อหาขอบเขตในการควบคุมปัจจัยที่สำคัญ โดยผลของกระบวนการผลิตชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมของขอบเขตในการควบคุมได้ และผลของค่าตัวแปรตอบสนองจากการใช้แผนภูมิ I-MR พบว่าค่าคะแนนจุดสีมีค่าใกล้เคียงกับค่าคะแนนจุดสีในการออกแบบการทดลอง

และสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 จนถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2556 มีสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 4.47 และสัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2557 มีค่าลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.50 และคิดเป็นสัดส่วนของเสียที่ลดลงได้เท่ากับร้อยละ 88.81

และมูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะลดลงได้จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ที่มีการพยากรณ์ปริมาณการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 160,000 กิโลกรัมต่อเดือน และมีจำนวนของเสียที่คาดว่าจะลดลงได้เฉลี่ยเท่ากับ 6,355 กิโลกรัมต่อเดือน โดยจะทำให้มูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ลดลงได้ถึง 136,629 บาทต่อเดือนหรือ 1,639,547 บาทต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกที่มีข้อบกพร่องประเภทจุดสีของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยมีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทอื่น อีกทั้งยังมีมูลค่าความสูญเสียสูงสุดอีกด้วย โดยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า นั้นประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve phase) ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control phase) โดยบทสรุปของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

8.2 บทสรุปขั้นตอนการนิยามปัญหา

ในขั้นตอนการนิยามปัญหานี้จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลของสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 55 – เมษายน 56โดยพบว่าข้อบกพร่องประเภทจุดสีที่เกิดกับผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y มีของเสียที่เกิดขึ้นสูงสุดเป็นอันดับที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 63.8 ของรุ่นผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดย มีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ร้อยละ 1.248 % และคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียอยู่ที่ 984,485 บาท โดยคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ย 140,640 บาทต่อเดือน ดังนั้นจึงทำการเลือกข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ในการศึกษาวิจัย โดยมีเป้าหมายในการแก้ไขคือ ลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทจุดสี (Colour spot) ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยสัดส่วนของเสียลดลงจากเดิม 50 % โดยมีของเขตการวิจัยที่กระบวนการเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y และมีสาเหตุจากข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่รวมถึงสาเหตุที่เกิดจากการออกแบบเครื่องจักร

8.3 บทสรุปขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) ในการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทจุดสีของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y โดยทำการประเมินพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน โดยพนักงานทั้งหมดมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ 100% ทุกเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้นระบบการวัดจึงมีความเชื่อถือได้

จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ของบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2556 ในผลิตภัณฑ์รุ่น AU2020Y พบว่าสัดส่วนของข้อบกพร่องประเภทจุดสี มีความผันแปรสูงโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.26 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.59 ของข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

การระดมสมองของคณะทำงานเพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีของเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y เริ่มต้นจากการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล พบว่ามีปัจจัยทั้งหมด 35 ปัจจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จนได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 14 ปัจจัยจึงนำมาวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทจุดสีทั้งหมด 4 ปัจจัย โดยเป็นผลรวมคะแนนเท่ากับ 224 คะแนนจากคะแนนทั้งหมด 275 คะแนน คิดเป็น 81.5 % ของคะแนนรวมทั้งหมด ได้แก่ปัจจัย บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบที่กระบวนการนวดไม่เหมาะสม อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด จึงนำไปวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ว่าแต่ละปัจจัยนั้นมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทจุดสีอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่และทำการหาค่าที่เหมาะสมต่อไป

8.4 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบปัจจัยนำเข้า 4 ปัจจัยได้แก่ บดวัตถุดิบผงสีก่อนกระบวนการผสม อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด และความเร็วในการนวด มาทำการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k แบบ 2 เรพลิเคต (2^k Factorial Design Two Replicates) เพื่อใช้ในการหาความมีนัยสำคัญของแต่ละปัจจัยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยจากระดับต่ำ (-1) ไประดับสูง(1) โดยใช้การทดลองทั้งหมด 32 การทดลองโดยมีตัวแปรตอบสนองนั่นก็คือคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ

หลังจากนำผลการทดลองที่ได้มาคัดกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคะแนนของจุดสีบนชิ้นงานทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดจุดสีบนผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y คือ ผลจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยคืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัยอีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD)

8.5 บทสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการนั้นเป็นการนำผลจากการคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อค่าคะแนนจุดสีอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ ผลจากปัจจัยหลัก (Main Effect) 3 ปัจจัย คืออัตราการป้อนวัตถุดิบ (B) ความเร็วในการนวด (C) และอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) และผลของอันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (Interaction Effect) อีก 2 ปัจจัยคือ อัตราการป้อนวัตถุดิบกับความเร็วในการนวด (BC) และ ความเร็วในการนวดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (CD) มาทำการทดลองเพิ่มด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) แบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ซึ่งกำหนดระดับในการทดลองของทั้ง 3 ปัจจัยไว้ที่ปัจจัยละ 3 ระดับ เพื่อให้สามารถหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปรับตั้งค่าแต่ละปัจจัยของเครื่องนวดพลาสติกที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองหรือค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุด และนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Response Optimization พบว่าระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมต่อค่าคะแนนจุดสีคือ อัตราการ

ป้อนวัตถุดิบ (B) ที่ 10 เฮิรตซ์ ความเร็วในการนวด (C) ที่ 400 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวด (D) ที่ 78 องศาเซลเซียส และทำให้ค่าคะแนนจุดสีมีค่าต่ำที่สุดคือ 2.99 คะแนน

8.6 บทสรุปขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ

ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการนั้นเป็นการกำหนดระดับปัจจัยที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการจากนั้นจึงทำการควบคุมกระบวนการด้วยการประยุกต์ใช้แผนภูมิ I-MR กับการตั้งค่าปัจจัยเพื่อหาขอบเขตในการควบคุมปัจจัยที่สำคัญ โดยผลของกระบวนการผลิตชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมผลของค่าตัวแปรตอบสนองจากการใช้แผนภูมิ I-MR พบว่าค่าคะแนนจุดสีมีค่าใกล้เคียงกับค่าคะแนนจุดสีที่ประมาณการไว้จากเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม

และสัดส่วนของเสียของข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 จนถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2556 มีสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 4.47 และสัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2557 มีค่าลดลงเหลือเพียงร้อยละ 0.50 และคิดเป็นสัดส่วนของเสียที่ลดลงได้เท่ากับร้อยละ 88.81

และมูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะลดลงได้จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ที่มีการพยากรณ์ปริมาณการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 160,000 กิโลกรัมต่อเดือน และมีจำนวนของเสียที่คาดว่าจะลดลงได้เฉลี่ยเท่ากับ 6,355 กิโลกรัมต่อเดือน โดยจะทำให้มูลค่าความสูญเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากข้อบกพร่องประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรุ่น AU2020Y ลดลงได้ถึง 136,629 บาทต่อเดือนหรือ 1,639,547 บาทต่อปี

8.7 ข้อจำกัดและอุปสรรคในงานวิจัย

3. เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องทำคู่ไปกับกระบวนการผลิตปกติ ที่มียอดการผลิตที่สูงมาก จำเป็นต้องทำการผลิตตลอด 24 ชม.และไม่สามารถให้เวลาในการทดลองได้อย่างเต็มที่ จึงส่งผลให้การทดลองเกิดความล่าช้า ต้องเสียเวลาไปกับการรอเพื่อที่จะแทรกการทดลองกับการผลิตปกติ
4. เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองในการปรับปรุงกระบวนการผลิต จะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของวิศวกรเท่านั้น เพราหากเกิดความเสียหายกับเครื่องจักรอันทำให้เครื่องจักรชำรุดส่งผลให้ ต้องหยุดการผลิต จะกระทบต่อกำลังการผลิตได้

5. วิธีการปรับปรุงที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติ้ง และมีกระบวนการผลิตหรือเครื่องจักรใกล้เคียงกับบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น

8.8 ข้อเสนอแนะ

1 การที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกมา นั้นผู้บริหารจำเป็นที่จะต้องให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการดำเนินไปด้วยความราบรื่นและสอดคล้องกันไปทั่วทั้งองค์กร จึงจะเป็นการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้

2 วิธีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกมา สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆหรือนำแนวทางไปใช้ปรับปรุงข้อบกพร่องประเภทอื่นได้

3 หากต้องการลดสัดส่วนของเสียให้มากขึ้น อาจพิจารณาปรับปรุงปัจจัยอื่นๆที่มีคะแนนรองลงมาใน การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

4 หากพบว่าผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ มีข้อบกพร่องประเภทจุดสีคล้ายกันให้ทำการทดลองใช้ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมนี้แล้ววิเคราะห์ผลดูว่าสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้หรือไม่ถ้าสามารถลดข้อบกพร่องได้ให้ทำการกำหนดค่าปรับตั้งนี้ให้เป็นค่าปรับตั้งมาตรฐานในการปฏิบัติงาน แต่หากค่าปรับตั้งนี้ไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ให้ทำการทดลองหาค่าปรับตั้งใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2549. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) (ประมวนผลด้วย MINITAB). กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

จตุพร วุฒิกนกกาญจน์. การสังเคราะห์เทอร์โมเซต [ออนไลน์].แหล่งที่มา : http://www.seem.kmutt.ac.th/research/pentec/download/Chapter%209.pdf [17 กรกฎาคม 2556]

นันท์ชญาน์ จารัตน์ และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. 2554. การลดปริมาณอนุภาคเปียร์โซอิเล็กทริคทรานส์ดิวเซอร์ ที่หลุดออกมาจากแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปารเมศ ชุติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุทธศักดิ์ ฉัตรเลขวนิช. 2547. การลดของเสียในกระบวนการเป่าบรรจุภัณฑ์พลาสติก วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวนาฏ ศรีวิชัย และ รุ่งฉัตร ชมพูอินไหว. 2554. การลดข้อบกพร่องบนผืนงานในกระบวนการผลิตลวดตาข่ายโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. 2554. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเคมีประยุกต์ [ออนไลน์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. แหล่งที่มา : www.sc.sci.rmutp.ac.th/sctank/appchem/wcs-petroleum.pdf [17 กรกฎาคม 2556]

สารัช ยมลยง. 2550. การปรับปรุงกระบวนการผลิต Fused Biconic Taper Coupler โดยใช้แนวทาง Six Sigma. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. 2552. การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Automotive Industry Action Group (AIAG), Potential failure mode and effects analysis Reference manual. 3rd ed. Michigan: Automotive Industry Action Group (AIAG), 2001.

Antony, Jiju and Gijo, E. V. and Childe, S.J. (2012) "Case study in Six Sigma methodology: manufacturing quality improvement and guidance for managers." Production Planning & Control 23(8): 624-640.

Basu, R. (2008). Chapter 2 - History of the quality movement. Implementing Six Sigma and Lean. Oxford, Butterworth-Heinemann: 18-37.

Chakravorty, S. S. (2009). "Six Sigma programs: An implementation model." International Journal of Production Economics 119(1): 1-16.

Kwak, Y. H. and F. T. Anbari (2006). "Benefits, obstacles, and future of six sigma approach." Technovation 26(5–6): 708-715.

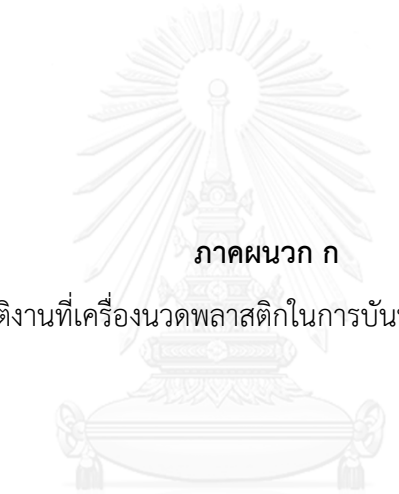
Mehrjerdi, Y. Z. (2011). "Six-Sigma: methodology, tools and its future." Assembly Automation 31(1): 79-88.

U. Dinesh Kumara, David Nowickib,Jose Emmanuel Ramı rez-Ma rquezb, Dinesh Vermab (2008). "On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation." International Journal of Production Economics 111(2): 456-467.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาคผนวก ก

เอกสารการปฏิบัติงานที่เครื่องนวดพลาสติกในการบันทึกค่าปรับตั้งของปัจจัยนำเข้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

KNEADING M/C CHECK SHEET

WORKING DATE	APPROVED BY	CHECKED BY	PREPARED BY

MACHINE NO. M -21

OPERATION TIME 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

OPERATION CODE

PRODUCT MODEL AU2020Y

LOT NO.

PAPER BAG NO.

	Condition	STD.	Setting	1 Time / hr.
Kneading Machine	Screw Hopper Feeding Scale (Hz)	10-40	10	1 Time / hr.
	Main Motor Revolution (rpm)	400-1,200	400	1 Time / hr.
	Hot Water Temp ($^{\circ}$C)	60-100	78	1 Time / hr.
	ตรวจสอบลักษณะ Warm ที่ออกจาก Kneading Machine			Start และ 1 Time / hr.
	ตรวจสอบลักษณะ Warm กรณีเปลี่ยนแปลง Condition			15 นาทีแรก
	ตรวจสอบ Cover ด้านล่าง			1 Time / Shift
	ตรวจสอบแรงลมเฉพาะ M-212 (ควบคุมที่ 4 kg/cm^2)			1 Time / hr.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ เกิดเมื่อวันที่ 06 พฤศจิกายน พ.ศ.2525 โดยสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2547 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University